



Уральский государственный
аграрный университет

ISSN 1997-4868 (print)
ISSN 2307-0005 (online)

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**T. 25, № 08
Vol. 25, No. 08**

2025

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, помощник президента Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва, Россия)

О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского государственного аграрного университета (Екатеринбург, Россия)

П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор Университета ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)

В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)

В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)

О. А. Быкова, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

Э. Д. Джавадов, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

Л. И. Дроздова, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)

Б. С. Есенгельдин, Павлодарский педагогический университет (Павлодар, Казахстан)

Н. Н. Зезин, член-корреспондент РАН, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)

С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)

В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)

А. Г. Кощаев, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

У. Р. Матякубов, Ургенчский государственный университет (Ургенч, Узбекистан)

В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)

М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)

В. С. Паштецкий, член-корреспондент РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)

Ю. В. Пругатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)

М. Б. Ребезов, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, (Москва, Россия)

О. А. Рушицкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

А. Г. Самоделкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)

А. А. Стекольников, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)

И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)

С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)

И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

А. В. Щур, Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), academician of the Russian Academy of Sciences, Assistant to the President of the National Research Center “Kurchatov Institute” (Moscow, Russia)

Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Péter Sótónyi (Deputy chief editor) of doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector of University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)

Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)

Vladimir N. Bolshakov, academician of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)

Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Eduard D. Dzhavadov, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (St. Petersburg, Russia)

Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Aleksandr S. Donchenko, academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)

Bauyrzhan S. Yessengeldin, Pavlodar Pedagogical University Republic of Kazakhstan

Nikita N. Zezin, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Ural Research Institute of Agriculture (Ekaterinburg, Russia)

Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)

Valeriy V. Kalashnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)

Andrey G. Koshchayev, academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)

Umidjon R. Matyakubov, Urgench State University (Urgench, Uzbekistan)

Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)

Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)

Vladimir S. Pashtetskiy, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)

Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Yalta, Russia)

Maksim B. Rebezov, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Olga A. Rushchitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Aleksandr G. Samodelkin, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia)

Anatoliy A. Stekolnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)

Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)

Ivan G. Ushachev, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)

Sergey V. Shabunin, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology And Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)

Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Aleksandr V. Shchur, Belarusian-Russian University (Mogilev, Belarus)

Содержание

Агротехнологии

- А. П. Галиченко, Т. А. Асеева, Е. М. Фокина* 1154
Изучение трансгрессивной изменчивости
и прогнозирование отбора в популяции гибридов
сои второго поколения
- Е. С. Дорошенко, Н. В. Шишкин, О. С. Кононенко* 1164
Иммунологическая реакция озимого
и ярового ячменя на головневые заболевания
- Д. С. Ергазина, Д. Б. Жамалова, Б. И. Тыныспаева,* 1177
А. В. Зинченко, З. К. Агибаева
Изучение генофонда льна масличного
в Костанайской области:
опыт ТОО «СХОС Заречное»
- Н. Н. Ермошкина, П. И. Степочкин* 1188
Комплексное изучение коллекции
тетраплоидной озимой ржи и выделение
источников ценных признаков для селекции
в условиях Западной Сибири
- А. И. Насирова, Т. А. Гасанова,* 1199
Г. Ф. Аскерова, Н. А. Абасова
Моделирование электропроводности почвы
для устойчивого землепользования
в районах, подверженных засолению

Биология и биотехнологии

- Н. В. Гапонов* 1209
Метаболизм и продуктивность молодняка свиней
при использовании в рационе люпина желтого
- А. А. Коровин, В. В. Голембовский* 1222
Перспективы использования элементов
вермикюльтуры в качестве биоорганического
компонента кормосмесей
для сельскохозяйственных животных и птиц
(обзор)
- А. П. Порываева, А. С. Красноперов,* 1235
О. Ю. Опарина, Я. Ю. Лысова, О. Г. Томских,
Е. А. Логинов, А. Г. Исаева
Применение экспериментальной композиции
бактериофагов в этиотропной терапии
желудочно-кишечных болезней
с симптомокомплексом диареи у телят
(результаты научно-производственного опыта)
- А. Д. Решетников, А. И. Барашкова* 1258
Зоофильные мухи скотоводческих ферм Якутии

Экономика

- Е. Б. Дворядкина, Г. М. Квон, Е. А. Шишкина* 1267
Некоторые аспекты инвестиционного развития
сельскохозяйственной сферы макрорегиона
- И. А. Родионова, Е. В. Бородастова* 1279
Устойчивое развитие сельского хозяйства
в условиях санкционного давления
- Т. Е. Татаровская* 1289
Человеческий капитал сельскохозяйственной
организации сквозь призму ЭКГ-рейтинга
- А. М. Терехов, А. О. Овчаров* 1301
Анализ устойчивости сельскохозяйственной
отрасли в пандемический и энергетический
кризисы в контексте теории финансового
заражения (страновой аспект)

Contents

Agrotechnologies

- A. P. Galichenko, T. A. Aseeva, E. M. Fokina*
Research on transgressive variability
and prediction of selection in population
of second-generation soybean hybrids
- E. S. Doroshenko, N. V. Shishkin, O. S. Kononenko*
Immunological response of winter
and spring barley to smut diseases
- D. S. Ergazina, D. B. Zhamalova, B. I. Tynyspaeva,*
A. V. Zinchenko, Z. K. Agibaeva
Study of the oilseed flax gene pool
in Kostanay region:
the experience of LLP "AES Zarechnoe"
- N. N. Ermoshkina, P. I. Stepochkin*
A comprehensive study of the tetraploid winter
rye collection and the identification
of sources of valuable traits
for breeding in Western Siberia
- A. I. Nasirova, T. A. Hasanova,*
G. F. Asgarova, N. A. Abasova
Modeling of soil electrical conductivity
for sustainable land use in salinized areas

Biology and biotechnologies

- N. V. Gaponov*
Metabolism and productivity of young pigs
when using yellow lupine in the diet
- A. A. Korovin, V. V. Golembowskiy*
Prospects for the use of vermiculture elements
as a bioorganic component of feed mixtures
for farm animals and poultry (review)
- A. P. Poryvaeva, A. S. Krasnoperov,*
O. Yu. Oparina, Y. Yu. Lysova, O. G. Tomskikh,
E. A. Loginov, A. G. Isaeva
Application of an experimental composition
of bacteriophages in the etiotropic therapy
of gastrointestinal diseases with a symptom complex
of diarrhea in calves
(results of scientific and production experience)
- A. D. Reshetnikov, A. I. Barashkova*
Zoophilic flies of cattle farms in Yakutia

Economy

- E. B. Dvoryadkina, G. M. Kvon, E. A. Shishkina*
Some aspects of the investment development
of the agricultural sector of the macroregion
- I. A. Rodionova, E. V. Borodastova*
Sustainable development of agriculture
in the context of sanctions pressure
- T. E. Tatarovskaya*
The human capital of the agricultural organization
through the ECG rating
- A. M. Terekhov, A. O. Ovcharov*
Analysis of the sustainability
of the agricultural sector in the pandemic
and energy crises in the context of the theory
of financial contagion (country aspect)

Изучение трансгрессивной изменчивости и прогнозирование отбора в популяции гибридов сои второго поколения

А. П. Галиченко¹✉, Т. А. Асеева², Е. М. Фокина¹

¹ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия

² Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск, Россия

✉ E-mail: tap198936@gmail.com

Аннотация. Цель исследования – провести селекционно-генетический анализ внутривидовых гибридов сои второго поколения с использованием показателей степени и частоты положительных трансгрессий, величины коэффициента наследуемости и генетического сдвига для прогнозирования отбора в следующем поколении гибридов. **Методы.** Исследования проводили в 2023 г. в лаборатории селекции ФНЦ ВНИИ сои. Оценку проводили по четырем хозяйственно полезным признакам: количество бобов на растении, количество семян с растения, масса семян с растения и масса 1000 семян. **Результаты.** Установлены высокие показатели степени и частоты проявления положительных трансгрессий во всех изучаемых комбинациях скрещивания ($T_c = 61,0 \dots 126,5 \%$, $T_q = 68,0 \dots 89,8 \%$). Коэффициент наследуемости в зависимости от признака и комбинации скрещивания находился в пределах 21,2–86,9 %. Величина генетического сдвига при отборе в третьем поколении гибридов по количеству бобов на растении составила 78,62–115,53 шт., по количеству семян – 168,56–284,68 шт., по массе семян – 33,13–49,42 г, массе 1000 семян – 180,15–225,00 г. Максимальные ожидаемые значения при отборе в следующем поколении зафиксированы по количеству бобов на одном растении, количеству семян с одного растения и массе семян с одного растения в комбинациях: ♀ Сентябрька × ♂ Саска (115,5 шт. бобов, 284,6 шт. семян и 47,8 г семян с одного растения) и ♀ Сентябрька × ♂ Хэйхэ 12 (105,1 шт. бобов, 269,0 шт. семян и 49,4 г семян с одного растения). **Научная новизна.** Впервые в условиях Амурской области изучены генетические параметры отдельных хозяйственно полезных признаков у гибридов сои F_2 девяти комбинаций скрещивания с применением методов количественной генетики для решения селекционных задач.

Ключевые слова: соя, гибрид, трансгрессия, коэффициент наследуемости, генетический сдвиг, прогноз отбора

Для цитирования: Галиченко А. П., Асеева Т. А., Фокина Е. М. Изучение трансгрессивной изменчивости и прогнозирование отбора в популяции гибридов сои второго поколения // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1154–1163. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1154-1163>.

Дата поступления статьи: 06.01.2025, **дата рецензирования:** 24.06.2025, **дата принятия:** 28.07.2025.

Research on transgressive variability and prediction of selection in population of second-generation soybean hybrids

A. P. Galichenko¹✉, T. A. Aseeva², E. M. Fokina¹

¹ Federal Research Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Blagoveshchensk, Russia

² Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia

✉E-mail: tap198936@gmail.com

Abstract. Research purpose is to conduct a selection and genetic analysis of second-generation intraspecific soybean hybrids using the indicators of the degree and frequency of positive transgressions, value of the heritability estimate and genetic shift to predict selection in the next generation of hybrids. **Methods.** The research was conducted in 2023 at the selection laboratory of the Federal Scientific Center All-Russian Scientific Research Institute of Soybean. Four economically useful traits were evaluated: number of beans per plant, number of seeds per plant, seed weight per plant and weight of 1000 seeds. **Results.** High indicators of the degree and frequency of positive transgressions were established in all cross combinations under study ($T_d = 61.0...126.5\%$, $T_f = 68.0...89.8\%$). The heritability estimate depending on the trait and the crossing combination was within the range of 21.2–86.9%. The magnitude of the genetic shift during selection in the third generation of hybrids for the number of beans per plant was 78.62–115.53 pcs., for the number of seeds – 168.56–284.68 pcs., for the seed weight 33.13–49.42 g and for the weight of 1000 seeds – 180.15...225.00 g. The maximum expected values during selection in the next generation were recorded for the number of beans per plant, the number of seeds per plant and the weight of seeds per plant in combinations: ♀ Sentyabrinka × ♂ Saska (115.5 beans, 284.6 seeds and 47.8 g of seeds per plant) and ♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 12 (105.1 beans, 269.0 seeds and 49.4 g of seeds per plant). **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of Amur region, genetic parameters of several economically useful traits in soybean F_2 hybrids of nine crossing combinations were studied using quantitative genetics methods to solve selection problems.

Keywords: soya, hybrid, transgression, heritability estimate, genetic shift, selection prediction

For citation: Galichenko A. P., Aseeva T. A., Fokina E. M. Research on transgressive variability and prediction of selection in population of second-generation soybean hybrids. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1154–1163. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1154-1163>. (In Russ.)

Date of paper submission: 06.01.2025, **date of review:** 24.06.2025, **date of acceptance:** 28.07.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из важнейших задач в селекции всех сельскохозяйственных культур является выведение новых сортов с высокими и устойчивыми показателями урожайности [1; 2]. Селекционные программы по созданию сортов нового поколения наиболее результативны, если основываются на знаниях о наследовании признаков гибридами от исходных родительских форм с использованием селекционно-генетических показателей, какими являются степень и частота проявления положительных трансгрессий, коэффициент наследуемости признаков и величина генетического сдвига. Сопоставление результатов проявления этих величин у гибридного потомства позволяет выявить лучшие генотипы гибридов и более объективно прогнозировать пути повышения результативности отбора в последую-

щих поколениях по отдельным хозяйственно полезным признакам в конкретной гибридной комбинации [3–5].

Трансгрессия – это результат совокупного действия полимерных генов, который проявляется в стабильном росте (положительная трансгрессия) или снижении (отрицательная трансгрессия) величины отдельных полимерно наследующихся показателей у некоторых гибридов в сравнении с предельными (соответственно положительными или отрицательными) выражениями данного признака у исходных родительских форм. Частично это вызвано гетерозисом, который наиболее выражен у гибридов первого поколения и проявляется, когда среднее значение признака у гибридов превышает фенотипические значения обеих родительских форм. Эпистатические взаимодействия родитель-

ских аллелей и эффекты комплементации аддитивных аллелей считаются основными причинами положительной или отрицательной трансгрессии [6–8]. генетический аппарат возникновения трансгрессий охватывает все варианты взаимодействия как между аллелями, так и между генами материнских и отцовских родительских форм. В результате широкого распространения трансгрессивной селекции были получены ценные формы многих сельскохозяйственных культур с улучшенными хозяйственно ценными признаками [9–11].

Оценка коэффициента наследуемости наряду с генетическим сдвигом дает представление о генетической структуре популяции [11]. Величина наследуемости определяет степень изменчивости генотипа во всем фенотипическом многообразии популяции по некоторым хозяйственно полезным признакам. Влияние генотипической изменчивости тем больше, чем выше коэффициент наследуемости, и, наоборот, чем сильнее влияние паратипических показателей, тем ниже наследуемость признака и тем сложнее правильно проанализировать при отборе по фенотипу наследственные особенности гибридного потомства. При высокой наследуемости происходит сильный генетический сдвиг гибридного потомства, при низкой наследуемости – фактически абсолютный возврат к средним значениям исходного поколения [12–14].

Создание и улучшение новых сортов сои посредством отбора зависит от вариабельности исходных генотипов, которая может быть обусловлена либо различной генетической структурой сортов, либо различиями в условиях выращивания. Эффективность отбора проявляется лишь в том случае, если наблюдаемая изменчивость популяции обладает наследственным характером. Таким образом, генетическая изменчивость генофонда становится важной предпосылкой для успешного осуществления программы селекции [15; 16]. Поскольку большинство признаков, влияющих на урожайность, являются полигенными, важно оценить тип вариаций, имеющихся в исходном материале. Следует отметить, что выбор типа селекционной программы для выведения новых сортов во многом зависит от наличия генетической изменчивости в изучаемом виде. Анализ наследственности дает представление о передаче признаков от одного поколения к другому, поскольку последовательность результатов отбора зависит от наследственной части изменчивости. Использование в селекционном процессе генетических и статистических показателей значительно увеличивает эффективность отбора в ранних поколениях. Таким образом, от предоставления селекционеру возможности для оценки таких важных параметров, как изменчивость, наследственность и генетический сдвиг, зависит успех селекционной программы [17; 18].

Целью данного исследования было проведение селекционно-генетического анализа внутривидовых гибридов сои второго поколения с использованием показателей степени и частоты положительных трансгрессий, величины коэффициента наследуемости и генетического сдвига для прогнозирования отбора в следующем поколении гибридов.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в 2023 году в питомнике гибридов сои второго поколения на экспериментальном участке ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, расположенном в с. Садовое Тамбовского округа. Объектом исследования являлись 9 гибридных комбинаций, полученных в результате простых скрещиваний с использованием эколого-географического принципа подбора исходных родительских форм. В качестве материнских форм использовали высокопродуктивные сорта сои селекции института: скороспелый сорт Сентябринка и среднеспелый Куханна; в качестве отцовских форм – сорта иностранного происхождения из американской, европейской и азиатской эколого-географических зон (ЭГЗ).

Посев гибридов осуществляли вручную на двухметровых делянках, площадь питания одного растения 45×10 см. В период вегетации сои проводили фенологические наблюдения, анализ по морфологическим признакам, идентификацию истинных и ложных гибридов и навязывание цветных вязок по срокам созревания. Все растения убирали вручную, в лабораторных условиях выполняли биометрический анализ и индивидуальный обмолот каждого растения [19].

Родительские формы и гибриды F2 изучали по четырем показателям: количество бобов, количество семян, масса семян с одного растения и масса 1000 семян. У гибридных растений определяли степень и частоту положительных трансгрессий изучаемых признаков по методике Г. С. Воскресенской и В. И. Шпота [20], вычисляли коэффициент наследуемости (H^2), который равен удвоенному коэффициенту регрессии между фенотипами родителей и гибридов [12]. По значениям коэффициента наследуемости признаки делятся на низконаследуемые ($H^2 = 0,5 \dots 25$), средненаследуемые ($H^2 = 26 \dots 59$) и высоконаследуемые ($H^2 = 60$ и более) [13].

Используя показатели наследуемости и селекционного дифференциала (S_d), который представляет собой разность средних значений признака отобранной группы и всей популяции, определяли генетический сдвиг (R) от отбора по определенному признаку и его величину при отборе в следующем поколении. Отбор во всех гибридных комбинациях для расчета селекционного дифференциала был проведен с 20-процентной интенсивностью [8; 12].

Таблица 1

Степень и частота трансгрессии у гибридов сои второго поколения, %

Комбинация скрещивания	Количество бобов		Количество семян		Масса семян с одного растения		Масса 1000 семян	
	T_c	T_q	T_c	T_q	T_c	T_q	T_c	T_q
Американская эколого-географическая зона								
♀ Сентябрька × ♂ Jim	76,9	83,3	94,9	76,7	115,2	80,0	19,8	65,0
♀ Сентябрька × ♂ Саска	99,5	89,8	94,2	82,9	93,4	72,7	6,2	13,6
♀ Сентябрька × ♂ Киото	66,9	72,0	85,5	73,3	87,5	68,0	3,8	16,0
Европейская эколого-географическая зона								
♀ Сентябрька × ♂ Кордоба	70,3	69,6	80,5	70,4	61,0	86,9	3,8	8,7
♀ Сентябрька × ♂ Терек	91,2	76,7	126,5	73,3	111,8	71,7	4,2	16,7
♀ Сентябрька × ♂ Н. С. Катя	88,8	88,1	89,5	86,4	85,5	78,0	7,9	15,2
Азиатская эколого-географическая зона								
♀ Сентябрька × ♂ Hidaka	81,9	79,0	102,2	77,8	81,8	69,1	0	0
♀ Сентябрька × ♂ Хэйхэ 12	111,6	84,5	110,3	80,6	115,8	76,7	5,7	12,6
♀ Сентябрька × ♂ Хэйхэ 43	85,4	85,8	90,0	84,4	93,2	73,6	5,9	18,5

Table 1

Degree and frequency of transgression in second generation soybean hybrids, %

Crossbreeding combination	Number of beans		Number of seeds		Weight of seeds per plant		Weight of 1000 seeds	
	T_d	T_f	T_d	T_f	T_d	T_f	T_d	T_f
American ecological-geographical zone								
♀ Sentyabrinka × ♂ Jim	76.9	83.3	94.9	76.7	115.2	80.0	19.8	65.0
♀ Sentyabrinka × ♂ Saska	99.5	89.8	94.2	82.9	93.4	72.7	6.2	13.6
♀ Sentyabrinka × ♂ Kioto	66.9	72.0	85.5	73.3	87.5	68.0	3.8	16.0
European ecological-geographical zone								
♀ Sentyabrinka × ♂ Kordoba	70.3	69.6	80.5	70.4	61.0	86.9	3.8	8.7
♀ Sentyabrinka × ♂ Terek	91.2	76.7	126.5	73.3	111.8	71.7	4.2	16.7
♀ Sentyabrinka × ♂ N. S. Katya	88.8	88.1	89.5	86.4	85.5	78.0	7.9	15.2
Asian ecological-geographical zone								
♀ Sentyabrinka × ♂ Hidaka	81.9	79.0	102.2	77.8	81.8	69.1	0	0
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 12	111.6	84.5	110.3	80.6	115.8	76.7	5.7	12.6
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 43	85.4	85.8	90.0	84.4	93.2	73.6	5.9	18.5

Результаты (Results)

В результате комплексного анализа гибридного потомства второго поколения выявлены трансгрессивные формы сои по основным элементам структуры урожая: количеству бобов, количеству семян, массе семян с одного растения и массе 1000 семян. Положительные значения степени трансгрессии варьировали в пределах 3,8...126,5 %, частоты трансгрессии – 8,7...89,8 % (таблица 1).

По количеству продуктивных бобов на растении зафиксированы высокие показатели степени и частоты трансгрессии во всех изучаемых комбинациях скрещивания ($T_c = 70,3...111,6$ %, $T_q = 69,6...89,8$ %). Наибольшее количество трансгрессивных форм по данному признаку отмечено у 89,8 % гибридов в комбинации с отцовской формой из американской эколого-географической зоны

♀ Сентябрька × ♂ Саска, превысивших лучшую родительскую форму на 99,5 % и в комбинации с отцовской формой из азиатской эколого-географической зоны ♀ Сентябрька × ♂ Хэйхэ 12, в которой 84,5 % гибридного потомства превзошли лучшего родителя на 111,6 %.

По количеству семян с растения также выявлены высокие показатели степени и частоты трансгрессии во всех изучаемых комбинациях скрещивания ($T_c = 80,5...126,5$ %, $T_q = 70,4...86,4$ %). гибридные популяции трех комбинаций, с отцовскими формами из европейской (♀ Сентябрька × ♂ Терек) и азиатской (♀ Сентябрька × ♂ Hidaka; ♀ Сентябрька × ♂ Хэйхэ 12) эколого-географических зон в 73,3...80,6 % случаев превзошли родительские формы по количеству семян с растения на 102,2...126,5 %.

Таблица 2

Прогноз отбора в популяции гибридов сои по количеству бобов на растении

Комбинация скрещивания	$\bar{x} \pm S_x$, шт.	H^2 , %	Sd , шт/раст	R , шт/раст	Ожидаемое значение признака при отборе в F_3 , шт.
Американская эколого-географическая зона					
♀ Сентябринка × ♂ Jim	71,1 ± 3,2	40,8	19,8	8,1	79,2
♀ Сентябринка × ♂ Саска	88,8 ± 3,5	83,9	31,8	26,7	115,5
♀ Сентябринка × ♂ Киото	78,3 ± 3,6	68,4	30,5	20,9	99,2
Европейская эколого-географическая зона					
♀ Сентябринка × ♂ Кордоба	76,0 ± 2,9	60,6	40,4	24,5	100,5
♀ Сентябринка × ♂ Терек	70,2 ± 3,7	48,3	31,4	15,2	85,4
♀ Сентябринка × ♂ Н. С. Катя	74,6 ± 3,3	46,8	26,9	12,6	87,2
Азиатская эколого-географическая зона					
♀ Сентябринка × ♂ Hidaka	65,2 ± 3,0	41,1	32,6	13,4	78,6
♀ Сентябринка × ♂ Хэйхэ 12	82,4 ± 3,0	75,9	29,9	22,7	105,1
♀ Сентябринка × ♂ Хэйхэ 43	65,7 ± 1,8	67,8	40,3	27,3	93,0

Table 2

Prediction of selection in a population of soybean hybrids based on the number of beans per plant

Crossbreeding combination	$\bar{x} \pm S_x$, pcs.	H^2 , %	Sd , pieces per plant	R , pieces per plant	Expected value of the trait during selection in F_3 , pcs.
American ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Jim	71.1 ± 3.2	40.8	19.8	8.1	79.2
♀ Sentyabrinka × ♂ Saska	88.8 ± 3.5	83.9	31.8	26.7	115.5
♀ Sentyabrinka × ♂ Kioto	78.3 ± 3.6	68.4	30.5	20.9	99.2
European ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Kordoba	76.0 ± 2.9	60.6	40.4	24.5	100.5
♀ Sentyabrinka × ♂ Terek	70.2 ± 3.7	48.3	31.4	15.2	85.4
♀ Sentyabrinka × ♂ N. S. Katya	74.6 ± 3.3	46.8	26.9	12.6	87.2
Asian ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Hidaka	65.2 ± 3.0	41.1	32.6	13.4	78.6
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 12	82.4 ± 3.0	75.9	29.9	22.7	105.1
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 43	65.7 ± 1.8	67.8	40.3	27.3	93.0

Высокие значения степени и частоты трансгрессии изучаемых комбинаций скрещивания зафиксированы по массе семян с одного растения ($T_c = 61,0...115,8$ %, $T_q = 68,0...86,9$ %). Наибольшее количество трансгрессивных форм по данному признаку отмечено у 86,9 % гибридов в комбинации с отцовской формой из европейской эколого-географической зоны ♀ Сентябринка × ♂ Кордоба, превысивших лучшую родительскую форму на 60,0 %. По степени проявления трансгрессии ($T_c = 71,7...80,0$ %) выделено три комбинации с отцовскими формами из американской (♀ Сентябринка × ♂ Jim), европейской (♀ Сентябринка × ♂ Терек) и азиатской (♀ Сентябринка × ♂ Хэйхэ 12) эколого-географических зон, превзошедшие лучшие родительские формы на 111,8...115,8 %.

По массе 1000 семян практически у всех гибридных комбинаций выявлена низкая степень трансгрессии (3,8...7,9 %) с частотой проявления 8,7...18,5 %. У 19,8 % гибридов комбинации с отцовской формой из американской эколого-геогра-

фической зоны ♀ Сентябринка × ♂ Jim отмечено наибольшее количество трансгрессивных форм по данному признаку, превышающих лучшую родительскую форму на 65,0 %. В комбинации ♀ Сентябринка × ♂ Hidaka трансгрессия по данному признаку не проявилась.

В результате оценки показателей наследуемости и значений селекционного дифференциала определен предполагаемый генетический сдвиг от отбора по изучаемым хозяйственно ценным признакам, а также его величина при отборе в следующем поколении гибридов (F_3).

Коэффициент наследуемости в зависимости от признака и комбинации скрещивания варьировал в пределах 21,2...86,9 % (таблицы 2–5). По количеству бобов на растении высокие показатели наследуемости зафиксированы в комбинациях с отцовскими формами из американской (♀ Сентябринка × ♂ Саска – 83,9 %; ♀ Сентябринка × ♂ Киото – 68,4 %), европейской (♀ Сентябринка × ♂ Кордоба – 60,6 %) и азиатской (♀ Сентябринка × ♂ Хэйхэ

12 – 75,9 %; ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43 – 67,8 %) эколого-географических зон (таблица 2). Наибольший генетический сдвиг при отборе наблюдался в комбинациях ♀ Сентябрьринка × ♂ Саска – 26,7 штуки с растения, или 30,1 %; ♀ Сентябрьринка × ♂ Киото – 20,9 штуки с растения, или 26,7 %; ♀ Сентябрьринка × ♂ Кордоба – 24,5 штуки с растения, или 32,2 %; ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 12 – 22,7 штуки с растения, или 27,6 %; ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43 – 27,3 штуки с растения, или 41,5 %. Ожидаемое значение признака при отборе в следующем поколении: 115,5; 99,2; 100,5; 105,1 и 93,0 боба на растении соответственно.

По количеству семян на растении высокий коэффициент наследуемости отмечен в комбинациях ♀ Сентябрьринка × ♂ Jim – 77,7 %, ♀ Сентябрьринка × ♂ Саска – 83,8 %, ♀ Сентябрьринка × ♂ Киото – 77,9 %, ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 12 – 80,2 % и ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43 – 67,6 % (таблица 3). Максимальные значения генетического сдвига при отборе наблюдались в комбинациях ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 12 – 81,7 штуки с растения (43,6 %) и

♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43 – 84,5 штуки с растения (52,0 %), ожидаемое значение признака при отборе в F_3 – 269,0 и 247,0 семян с одного растения соответственно. Следует отметить, что наибольшее значение предполагаемого сдвига при отборе в следующем поколении зафиксировано в комбинации ♀ Сентябрьринка × ♂ Саска – 284,6 семян с одного растения.

Высокий коэффициент наследуемости у внутривидовых гибридов сои второго поколения по признаку массы семян с одного растения зафиксирован в комбинациях с отцовскими формами из американской и азиатской эколого-географических зон: ♀ Сентябрьринка × ♂ Саска – 85,0 %, ♀ Сентябрьринка × ♂ Киото – 72,8 %, ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 12 – 86,9 % и ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43 – 73,8 % (таблица 4). Наибольшие показатели генетического сдвига наблюдались в комбинациях ♀ Сентябрьринка × ♂ Саска – 11,6 г (32,0 %), ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 12 – 12,2 г (32,7 %) и ♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43 – 14,5 г (48,0 %), прогнозируемая величина признака при отборе в следующем поколении составила 47,8 г, 49,4 г и 44,7 г соответственно.

Таблица 3

Прогноз отбора в популяции гибридов сои по количеству семян с растения

Комбинация скрещивания	$\bar{x} \pm S_x$, шт.	H^2 , %	Sd , шт/раст	R , шт/раст	Ожидаемое значение признака при отборе в F_3 , шт.
Американская эколого-географическая зона					
♀ Сентябрьринка × ♂ Jim	158,1 ± 7,9	77,7	64,0	49,7	207,8
♀ Сентябрьринка × ♂ Саска	208,8 ± 9,1	83,8	90,5	75,8	284,6
♀ Сентябрьринка × ♂ Киото	187,0 ± 9,5	77,9	100,2	78,0	265,0
Европейская эколого-географическая зона					
♀ Сентябрьринка × ♂ Кордоба	176,0 ± 7,5	51,1	101,0	51,6	227,6
♀ Сентябрьринка × ♂ Терек	165,5 ± 10,4	45,5	87,3	39,7	205,2
♀ Сентябрьринка × ♂ Н. С. Катя	168,6 ± 7,8	30,5	69,1	21,1	189,7
Азиатская эколого-географическая зона					
♀ Сентябрьринка × ♂ Hidaka	140,1 ± 7,4	31,4	90,6	28,4	168,5
♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 12	187,3 ± 7,7	80,2	101,9	81,7	269,0
♀ Сентябрьринка × ♂ Хэйхэ 43	162,5 ± 4,8	67,6	125,0	84,5	247,0

Table 3

Prediction of selection in a population of soybean hybrids based on the number of seeds per plant

Crossbreeding combination	$\bar{x} \pm S_x$, pcs.	H^2 , %	Sd , pieces per plant	R , pieces per plant	Expected value of the trait during selection in F_3 , pcs.
American ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka r × ♂ Jim	158.1 ± 7.9	77.7	64.0	49.7	207.8
♀ Sentyabrinka × ♂ Saska	208.8 ± 9.1	83.8	90.5	75.8	284.6
♀ Sentyabrinka × ♂ Kioto	187.0 ± 9.48	77.9	100.2	78.0	265.0
European ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Kordoba	176.0 ± 7.5	51.1	101.0	51.6	227.6
♀ Sentyabrinka × ♂ Terek	165.5 ± 10.4	45.5	87.3	39.7	205.2
♀ Sentyabrinka × ♂ N. S. Katya	168.6 ± 7.8	30.5	69.1	21.1	189.7
Asian ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Hidaka	140.1 ± 7.4	31.4	90.6	28.4	168.5
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 12	187.3 ± 7.7	80.2	101.9	81.7	269.0
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 43	162.5 ± 4.8	67.6	125.0	84.5	247.0

По массе 1000 семян наследуемость признака была высокой в комбинациях с участием отцовских форм из американской ♀ Сентабринка × ♂ Jim (62,3 %), европейской ♀ Сентабринка × ♂ Н. С. Катя (69,2 %) и азиатской ♀ Сентабрин-

ка × ♂ Хэйхэ 12 (68,0 %) эколого-географических зон. генетический сдвиг в данных комбинациях составил 21,3 г, 22,2 г и 23,81 г, ожидаемое значение признака при отборе в F_3 – 206,8 г, 198,5 г и 225,0 г соответственно (таблица 5).

Таблица 4
Прогноз отбора в популяции гибридов сои по массе семян с растения

Комбинация скрещивания	$\bar{x} \pm S_x$, шт.	H ² , %	Sd, шт/раст	R, шт/раст	Ожидаемое значение признака при отборе в F ₃ , г
Американская эколого-географическая зона					
♀ Сентабринка × ♂ Jim	29,4 ± 1,7	46,4	11,7	5,4	34,8
♀ Сентабринка × ♂ Саска	36,2 ± 1,7	85,0	13,6	11,6	47,8
♀ Сентабринка × ♂ Киото	32,5 ± 1,8	72,8	12,5	9,1	41,6
Европейская эколого-географическая зона					
♀ Сентабринка × ♂ Кордоба	33,0 ± 1,5	41,8	19,0	7,9	40,9
♀ Сентабринка × ♂ Терек	28,9 ± 1,9	32,0	13,3	4,2	33,1
♀ Сентабринка × ♂ Н. С. Катя	30,7 ± 1,6	47,5	11,5	5,4	36,1
Азиатская эколого-географическая зона					
♀ Сентабринка × ♂ Hidaka	27,8 ± 1,5	37,4	15,0	5,6	33,4
♀ Сентабринка × ♂ Хэйхэ 12	37,2 ± 1,6	86,9	14,0	12,2	49,4
♀ Сентабринка × ♂ Хэйхэ 43	30,2 ± 0,9	73,8	19,6	14,5	44,7

Table 4
Prediction of selection in a population of soybean hybrids based on seed weight per plant

Crossbreeding combination	$\bar{x} \pm S_x$, pcs.	H ² , %	Sd, pieces per plant	R, pieces per plant	Expected value of the trait during selection in F ₃ , pcs.
American ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Jim	29.4 ± 1.7	46.4	11.7	5.4	34.8
♀ Sentyabrinka × ♂ Saska	36.2 ± 1.7	85.0	13.6	11.6	47.8
♀ Sentyabrinka × ♂ Kioto	32.5 ± 1.8	72.8	12.5	9.1	41.6
European ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Kordoba	33.0 ± 1.5	41.8	19.0	7.9	40.9
♀ Sentyabrinka × ♂ Terek	28.9 ± 1.9	32.0	13.3	4.2	33.1
♀ Sentyabrinka × ♂ N. S. Katya	30.7 ± 1.6	47.5	11.5	5.4	36.1
Asian ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Hidaka	27.8 ± 1.5	37.4	15.0	5.6	33.4
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 12	37.2 ± 1.6	86.9	14.0	12.2	49.4
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 43	30.2 ± 0.9	73.8	19.6	14.5	44.7

Таблица 5
Прогноз отбора в популяции гибридов сои по массе 1000 семян

Комбинация скрещивания	$\bar{x} \pm S_x$, шт.	H ² , %	Sd, шт/раст	R, шт/раст	Ожидаемое значение признака при отборе в F ₃ , г
Американская эколого-географическая зона					
♀ Сентабринка × ♂ Jim	185,5 ± 3,2	62,3	34,1	21,3	206,8
♀ Сентабринка × ♂ Саска	175,6 ± 2,3	21,2	36,8	7,8	183,4
♀ Сентабринка × ♂ Киото	170,0 ± 2,0	37,1	25,9	9,6	179,6
Европейская эколого-географическая зона					
♀ Сентабринка × ♂ Кордоба	191,1 ± 1,7	28,4	31,0	8,8	199,9
♀ Сентабринка × ♂ Терек	175,4 ± 2,1	21,0	22,8	4,8	180,2
♀ Сентабринка × ♂ Н. С. Катя	176,3 ± 2,6	69,2	32,0	22,2	198,5
Азиатская эколого-географическая зона					
♀ Сентабринка × ♂ Hidaka	195,7 ± 2,2	24,2	35,1	8,5	204,2
♀ Сентабринка × ♂ Хэйхэ 12	201,2 ± 2,1	68,0	35,0	23,8	225,0
♀ Сентабринка × ♂ Хэйхэ 43	189,0 ± 1,2	23,3	30,5	7,1	196,1

Table 5

Forecast of selection in a population of soybean hybrids based on the weight of 1000 seeds

Crossbreeding combination	$\bar{x} \pm S_x$ pcs.	H^2 , %	S_d , pieces per plant	R , pieces per plant	Expected value of the trait during selection in F_2 , g
American ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Jim	185.5 ± 3.2	62.3	34.1	21.3	206.8
♀ Sentyabrinka × ♂ Saska	175.6 ± 2.3	21.2	36.8	7.8	183.4
♀ Sentyabrinka × ♂ Kioto	170.0 ± 2.0	37.1	25.9	9.6	179.6
European ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Kordoba	191.1 ± 1.7	28.4	31.0	8.8	199.9
♀ Sentyabrinka × ♂ Terek	175.4 ± 2.1	21.0	22.8	4.8	180.2
♀ Sentyabrinka × ♂ N. S. Katya	176.3 ± 2.6	69.2	32.0	22.2	198.5
Asian ecological-geographical zone					
♀ Sentyabrinka × ♂ Hidaka	195.7 ± 2.2	24.2	35.1	8.5	204.2
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 12	201.2 ± 2.1	68.0	35.0	23.8	225.0
♀ Sentyabrinka × ♂ Kheykhe 43	189.0 ± 1.2	23.3	30.5	7.1	196.1

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Высокие показатели степени и частоты проявления положительных трансгрессий по количеству бобов, количеству семян и массе семян с одного растения отмечены во всех изучаемых комбинациях скрещивания ($T_c = 61,0 \dots 126,5\%$, $T_q = 68,0 \dots 89,8\%$). Коэффициент наследуемости находился в пределах $21,2 \dots 86,9\%$. Значение генетического сдвига при отборе в третьем поколении по количеству бобов на растении достигло $8,1 \dots 27,3$ штук с растения, по количеству семян – $21,1 \dots 84,5$ штук с растения, по массе семян – $4,2 \dots 14,5$ г с растения, массе 1000 семян – $4,8 \dots 23,8$ г с растения. Следует отметить, что более высокие показатели генетического сдвига по всем изучаемым признакам выявлены в комбинациях гибридов, у которых выше величина коэффициента наследуемости и селекционного дифференциала.

Максимальные показатели степени и частоты положительных трансгрессий, величины коэффициента наследуемости и генетического сдвига, зафиксированы по трем хозяйственно полезным признакам: количеству бобов на одном растении, количеству семян с одного растения и массе семян с одного растения в двух комбинациях: ♀ Сентабрина

× ♂ Саска ($T_c = 93,4 \dots 99,5\%$, $T_q = 72,7 \dots 89,8\%$, $H^2 = 83,8 \dots 85,0\%$, R (по количеству бобов) = 26,7 штук с растения; R (по количеству семян) = 75,8 штук с растения; R (по массе семян) = 11,6 г с растения и ♀ Сентабрина × ♂ Хэйхэ 12 ($T_c = 110,3 \dots 115,8\%$, $T_q = 76,7 \dots 84,5\%$, $H^2 = 75,9 \dots 86,9\%$, R (по количеству бобов) = 22,7 штук с растения; R (по количеству семян) = 81,7 штук с растения; R (по массе семян) = 12,2 г с одного растения. Прогнозируемая величина признаков при отборе в следующем поколении в комбинации ♀ Сентабрина × ♂ Саска составила 115,5 штук бобов, 284,6 штук семян и 47,8 г семян с одного растения, в комбинации ♀ Сентабрина × ♂ Хэйхэ 12 – 105,1 штук бобов, 269,0 штук семян и 49,4 г семян с одного растения.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать наиболее эффективный отбор элитных растений сои в популяции гибридов третьего поколения в комбинациях с отцовскими формами американского и азиатского эколого-географического происхождения. Эти формы обладают широкими значениями генотипического и фенотипического разнообразия, высокими показателями трансгрессивности, наследуемости и генетического сдвига.

Библиографический список

1. Фокина Е. М., Ващенко А. П. Использование нетипичных форм сои в селекционном процессе // Масличные культуры. 2008. № 2 (139). С. 52–55.
2. Anderson E. J., et al. Soybean [Glycine max (L.) Merr.] breeding: history, improvement, production and future opportunities // In: Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds.) Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes. Springer, Cham. 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-23400-3_12.
3. Минькач Т. В., Оборская Ю. В. Наследование продуктивности одного растения у межвидовых гибридов сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 2 (62). С. 24–29. DOI: 10.22450/19996837_2022_2_24.
4. Zhao Q., et al. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean // Frontiers in Plant Science. 2021. No. 12. Article number 610214. DOI: 10.3389/fpls.2021.610214.
5. Thudi M., et al. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture // Journal of Plant Physiology. 2020. No. 257. DOI: 10.1016/j.jplph.2020.153351.
6. Lozinskiy M., et al. Transgressive variability of the main ear grains number in F2 populations in hybridization of soft winter wheat varieties that differ in early ripening // Agrobiologiya. 2021. No. 2. Pp. 95–105. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105.

7. Shtuts T. N. Manifestation of transgression on the productivity traits of soybean hybrids of the second generation (F2) // *Feeds and Feed Production*. 2019. No. 88. 3–7. DOI: 10.31073/kormovyrobnystvo201988-01.
8. Бутовец Е. С., Васина Е. А., Кукуруза Г. О., Страшненко Т. Н. Селекционно-генетический анализ гибридов сои первого – третьего поколения // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2021. № 4 (60). С. 15–22. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22.
9. Tagad B. A., Girase V. S., Rohini Y. Patil and Bhavsar V. V. Transgressive Segregation and Interrelationship Analysis in Soybean // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020. No. 9 (12). Pp. 379–386. DOI: 10.20546/IJCMAS.2020.912.048.
10. Sundaram P., et al. LR-4163 [1–7] Identification of transgressive segregants and variability studies in segregating generations of four crosses in chickpea // *Legume Research*. 2021. No. 46 (1). Pp. 25–31. DOI: 10.18805/LR-4163.
11. Kravchenko A., Hoptsi T., Kyrchenko V., Hudym O., Chuiko D. Transgressive variation in productivity traits in F2 naked oat hybrids // *Scientific Horizons*. 2023. No. 26 (8). Pp. 23–32. DOI: 10.48077/scihor8.2023.23.
12. Фокина Е. М. Эффективность использования нетипичных форм сои в селекционном процессе: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.05. Благовещенск, 2017. 215 с.
13. Карпеня С. Л., Коробко А. В., Яцына О. А. Частная селекция: учебно-методическое пособие для студентов биотехнологического факультета по специальности «Зоотехния» («Производство продукции животного происхождения») с вариативным модулем «Биотехнология и селекция». Витебск: ВГАВМ, 2022. 76 с.
14. Gohil V., Akabari V. Variability studies for seed yield and its components in soybean // *Journal of Genetics, Genomics & Plant Breeding*. 2022. No. 6 (2). Pp. 54–59.
15. Kumari S., Meena B. L., Sharma S. C., Koli N. R., Tak Y., Fozdar P. Study on genetic variability parameters in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] genotypes // *Journal of Agriculture and Ecology*. 2022. No. 14. Pp. 72–76. DOI: 10.58628/JAE-2214-210.
16. Parindiyal K., Bhardwaj R., Negi A., Parindiyal K., Rawat A., Gulzar S., Prakash S. Genetic variability parameters study in soybean [*glycine max* (L.) merrill] genotypes // *International Journal on Agricultural Sciences*. 2023. No.14 (01). Pp. 25–28. DOI: 10.53390/IJAS.2023.14106.
17. Cinar V. Assessing genotypic diversity by multivariate analysis and predicting useful selection ranges using decision tree in soybean (*Glycine max* L.) // *South African Journal of Botany*. 2024. No. 174. Pp. 560–570. DOI: 10.1016/j.sajb.2024.09.045.
18. Минькач Т. В. Селихова О. А. Генетический сдвиг при отборе гибридных потомств сои по хозяйственно ценным признакам // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2016. № 2–3. С. 18–20.
19. Галиченко А. П. Наследование количественных признаков и эффект гетерозиса у гибридов сои первого поколения // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2024. № 1. С. 34–40. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-34-40.
20. Воскресенская Г. С., Шпота В. И. Трансгрессия признаков у гибридов Brassica и методика количественного учета этого явления // *Доклады ВАСХНИЛ*. 1967. № 7. С. 18–20.

Об авторах:

Анна Петровна Галиченко, научный сотрудник лаборатории селекции, Федеральный научный центр Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия; аспирант, Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск, Россия; ORCID 0000-0002-4445-3779, AuthorID 1093963. *E-mail: tap198936@gmail.com*

Татьяна Александровна Асеева, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, директор Дальневосточного научно-исследовательского института сельского хозяйства; Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук, Хабаровск, Россия; ORCID 0000-0001-8471-0891, AuthorID 726527. *E-mail: aseeva59@mail.ru*

Евгения Михайловна Фокина, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Благовещенск, Россия; ORCID 0000-0003-4554-8830, AuthorID 780273. *E-mail: fem@vniisoi.ru*

References

1. Fokina E. M., Vashchenko A. P. Usage of soybean uncommon forms in breeding. *Oilseed Crops*. 2008; 2 (139): 52–55. (In Russ.)
2. Anderson E. J., et al. Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Breeding: History, Improvement, Production and Future Opportunities. In: Al-Khayri J., Jain S., Johnson D. (eds.) *Advances in Plant Breeding Strategies: Legumes*. Springer, Cham, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-23400-3_12.

3. Minkach T. V., Oborskaya Yu. V. Productivity inheritance of one plant in interspecific soybean hybrids. *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2022; 2 (62): 24–29. DOI: 10.22450/19996837_2022_2_24. (In Russ.)
4. Zhao Q., et al. Characterization of the common genetic basis underlying seed hilum size, yield, and quality traits in soybean. *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 610214. DOI: 10.3389/fpls.2021.610214.
5. Thudi M., et al. Genomic resources in plant breeding for sustainable agriculture. *Journal of Plant Physiology*. 2020; 257. DOI: 10.1016/j.jplph.2020.153351.
6. Lozinskiy M., et al. Transgressive variability of the main ear grains number in F_2 populations in hybridization of soft winter wheat varieties that differ in early ripening. *Agrobiologiya*. 2021; 2: 95–105. DOI: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-95-105.
7. Shtuts T. N. Manifestation of transgression on the productivity traits of soybean hybrids of the second generation (F_2). *Feeds and Feed Production*. 2019; 88: 3–7. DOI: 10.31073/kormovyrobnystvo201988-01.
8. Butovets E. S., Vasina E. A., Kukuruza G. O., Strashnenko T. N. Selective genetic analysis of soybean hybrids of the first – third generations. *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2021; 4 (60): 15–22. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-15-22. (In Russ.)
9. Tagad B. A., Girase V. S., Rohini Y. Patil and Bhavsar V. V. Transgressive Segregation and Interrelationship Analysis in Soybean. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2020; 9 (12): 379–386. DOI: 10.20546/ijcmas.2020.912.048.
10. Sundaram P., et al. LR-4163 [1-7] Identification of transgressive segregants and variability studies in segregating generations of four crosses in chickpea. *Legume Research*. 2021; 46 (1): 25–31. DOI: 10.18805/LR-4163.
11. Kravchenko A., Hoptsi T., Kyrychenko V., Hudym O., Chuiko D. Transgressive variation in productivity traits in F_2 naked oat hybrids. *Scientific Horizons*. 2023; 26 (8): 23–32. DOI: 10.48077/scihor8.2023.23.
12. Fokina E. M. Efficiency of using atypical forms of soybeans in the breeding process: dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences: 06.01.05. Blagoveshchensk, 2017. 215 p. (In Russ.)
13. Karpenya S. L., Korobko A. V., Yatsyna O. A. *Private selection: educational and methodological manual for students of the Faculty of Biotechnology in the specialty “Zootechnics” (“Production of products of animal origin”) with a variable module “Biotechnology and selection”*. Vitebsk: VGAVM. 2022; 76 p. (In Russ.)
14. Gohil V., Akabari V. Variability studies for seed yield and its components in soybean. 2022; 6 (2): 54–59.
15. Kumari S., Meena B. L., Sharma S. C., Koli N. R., Tak Y., Fozdar P. Study on genetic variability parameters in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] genotypes. *Journal of Agriculture and Ecology*. 2022; 14: 72–76. DOI: 10.58628/JAE-2214-210.
16. Parindiyal K., Bhardwaj R., Negi A., Parindiyal K., Rawat A., Gulzar S., Prakash S. Genetic variability parameters study in soybean [*glycine max* (L.) merrill] genotypes. *International Journal on Agricultural Sciences*. 2023; 14 (01): 25–28. DOI: 10.53390/IJAS.2023.14106.
17. Cinar V. Assessing genotypic diversity by multivariate analysis and predicting useful selection ranges using decision tree in soybean (*Glycine max* L.). *South African Journal of Botany*. 2024; 174: 560–570. DOI: 10.1016/j.sajb.2024.09.045.
18. Minkach T. V. Selikhova O. A. Genetic shifts in selection of hybrid offspring soybeans to economic-valuable signs. *Russian Agricultural Science*. 2016; 2–3: 18–20. (In Russ.)
19. Galichenko A. P. Inheritance of quantitative traits and the effect of heterosis in first-generation soybean hybrids. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2024; 1: 34–40. DOI: 10.31677/2072-6724-2024-70-1-34-40. (In Russ.)
20. Voskresenskaya G. S., Shpota V. I. Transgression of characters in Brassica hybrids and methods for quantitative accounting of this phenomenon. *Reports of the All-Russian Academy of Agricultural Sciences*. 1967; 7: 18–20. (In Russ.)

Authors' information:

Anna P. Galichenko, researcher at the breeding laboratory, Federal Research Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, Blagoveshchensk, Russia; postgraduate, Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia; ORCID 0000-0002-4445-3779, AuthorID 1093963. *E-mail: tap198936@gmail.com*

Tatyana A. Aseeva, doctor of agricultural sciences, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia; ORCID 0000-0001-8471-0891, AuthorID 726527. *E-mail: aseeva59@mail.ru*

Evgeniya M. Fokina, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the breeding laboratory, Federal Research Center “All-Russian Scientific Research Institute of Soybean”, Blagoveshchensk, Russia; ORCID 0000-0003-4554-8830, AuthorID 780273. *E-mail: fem@vniisoi.ru*

Иммунологическая реакция озимого и ярового ячменя на головневые заболевания

Е. С. Дорошенко[✉], Н. В. Шишкин, О. С. Кононенко

Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия

[✉]E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Аннотация. Цель данной работы заключалась в проведении качественной оценки иммунологической реакции растений ячменя в период молочно-восковой спелости на наиболее распространенные головневые заболевания: пыльную и каменную головню; в выявлении образцов, обладающих высокой и практической устойчивостью к патогенам для включения их в селекционный процесс. **Методы** создания качественного инфекционного фона и проведения заражения растений патогенами при проведении исследования применялись согласно рекомендациям ФГБНУ ВИЗР. Инокуляция пыльной головней проводилась в период цветения с помощью вакуум-прибора. Заражение спорами каменной головни проводили на посевном материале. Объектом исследования являлись образцы озимого и ярового ячменя селекции АНЦ «Донской», а также других селекционных учреждений страны и зарубежья. Исследование проводилось в 2022–2024 годы в условиях искусственного инфекционного фона на изолированном инфекционном участке лаборатории иммунитета и защиты растений АНЦ «Донской». **Результаты.** За годы проведения исследования выделили перспективные по устойчивости к каменной и пыльной головне селекционные линии Центра среди озимого (Паллидум 2100, Параллелум 2120, Параллелум 2136, Параллелум 2146, Параллелум 2149, Параллелум 2156) и ярового ячменя (Зерноградский 1955, Зерноградский 1917, Зерноградский 1918, Зерноградский 1942). Выделили сорта отечественной и зарубежной селекции, показавшие устойчивость к комплексу головневых заболеваний. Среди озимых форм это Купец, Эспада, Ваня (РФ), Достойный и Академичный (Украина) и др. Среди яровых ячменей выделились сорта отечественной селекции Таловский 9, Икорец, Тамлык, Эней, Яровит, Булат, Скиф, Магнит и др. Сорта ячменя селекции АНЦ «Донской», внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ и допущенные к использованию в производстве, за годы проведения исследования имели поражение патогенами меньше восприимчивых сортов дифференциаторов. Для использования в неблагоприятных по эпифитотийной обстановке регионах рекомендовано протравливание семян перед посевом.

Ключевые слова: озимый ячмень, яровой ячмень, патоген, устойчивость, поражение, проявление, пыльная головня, каменная головня

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России № 0505-2022-0003.

Для цитирования: Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В., Кононенко О. С. Иммунологическая реакция озимого и ярового ячменя на головневые заболевания // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1164–1176. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1164-1176>.

Дата поступления статьи: 05.02.2025, **дата рецензирования:** 17.03.2025, **дата принятия:** 07.05.2025.

Immunological response of winter and spring barley to smut diseases

E. S. Doroshenko[✉], N. V. Shishkin, O. S. Kononenko
Agricultural Research Center “Donskoy”, Zernograd, Russia
[✉]E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Abstract. The purpose of the current study was to conduct a qualitative estimation of the immunological response of barley during their milky-waxy stage of ripeness to such common smut diseases as loose smut and covered smut; to identify samples with high and practical resistance to pathogens to introduce them into the breeding process. **The methods** for developing a high-quality infectious background and infecting plants with pathogens during the study were those recommended by the FSBSI VIZR. Inoculation with loose smut was carried out during the flowering period using a vacuum device. Infection with covered smut spores was carried out on seed material. The objects of the study were winter and spring barley samples bred by the Center, as well as other domestic and foreign breeding institutions. The study was conducted in years of 2022–2024 at the artificial infectious background in an isolated infectious plot of the laboratory for plant immunity and protection of the ARC “Donskoy”. **Results.** Over the years of study, there have been identified the promising breeding lines of the Center with high resistance to loose and covered smut among winter (Pallidum 2100, Parallelum 2120, Parallelum 2136, Parallelum 2146, Parallelum 2149, Parallelum 2156) and spring barley (Zernogradsky 1955, Zernogradskiy 1917, Zernogradskiy 1918, Zernogradskiy 1942). There have been identified the varieties of domestic and foreign breeding that demonstrated resistance to a complex of smut diseases. Among winter forms, they were Kupets, Espada, Vanya (RF), Dostoinnyy and Akademichnyy (Ukraine), etc. Among spring barley, there have been identified such varieties of domestic breeding as Talovskiy 9, Ikorets, Tamlyk, Eney, Yarovit, Bulat, Skif, Magnit, etc. The barley varieties developed by the ARC “Donskoy”, included in the State List of Breeding Achievements of the RF and approved for use in production over the years of the study, were less damaged by pathogens than susceptible variety differentiators. There has been recommended seed treatment before sowing for the unfavorable epiphytotic regions.

Keywords: winter barley, spring barley, pathogen, resistance, damage, manifestation, loose smut, covered smut

Acknowledgments. The study was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia No. 0505-2022-0003.

For citation: Doroshenko E. S., Shishkin N. V., Kononenko O. S. Immunological response of winter and spring barley to smut diseases. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1164–1176. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1164-1176>. (In Russ.)

Date of paper submission: 05.02.2025, **date of review:** 17.03.2025, **date of acceptance:** 07.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

На территории Российской Федерации возделывается два основных вида ячменя: озимый и яровой. Несмотря на то что озимые сорта более урожайные, их удельный вес ежегодно составляет не более 10–15 % от общего количества площадей, отведенных под ячмень. А доля яровых форм устойчиво находится на уровне 85–90 % от всех посевов [1]. В последнее время отмечается рост спроса на озимый ячмень, за последние 10 лет посевная площадь под которым варьировала в пределах от 292,0 до 758,5 тыс. га. При этом средняя урожайность составляет 3,8 т/га. Посевные площади ярового ячменя в период 2016–2019 гг. варьировали от 315,12 до 406,41 тыс. га, что составило от 6,7 до 8,9 % всей площади пашни Ростовской области. Средняя урожайность при этом за представленные годы составила 2,3 т/га, варьи-

руя от 1,7 т/га до 2,8 т/га [2]. Посевы ячменя сосредоточены преимущественно в благоприятных субъектах Российской Федерации, а именно в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах [3].

Ростовская область входит в Южный федеральный округ (ЮФО) – один из основных зернопроизводящих регионов РФ. Под ячмень здесь отводятся наибольшие площади посева зернофуражных культур. На долю ЮФО приходится 12–15 % общероссийского производства ячменя [4].

Для климатических особенностей области характерны резкие колебания. В последние годы отмечаются перепады температуры, чередование обильных осадков и засух. В весенне-летний период характерна пониженная атмосферная влажность воздуха. Данные факторы приводят к скачкообразному развитию в естественных условиях наиболее распространенных и вредоносных болезней [5; 6].

По многолетним наблюдениям и исследованиям среди заболеваний колоса на ячмене чаще встречаются пыльная головня (возбудитель – *Ustilago nuda* (Jens.) Kell. et Sw.) и каменная головня (возбудитель – гриб *Ustilago hordei* (Pers.) Lagerh). Явные потери при развитии этих заболеваний связаны с разрушением колоса растения и нарушением нормального течения биохимических процессов растительной клетки, вызванных развитием патогенов [7].

От некоторых вредных организмов можно потерять 25–30 % урожая, а от пыльной головни ежегодные потери составляют порядка 10–15 %. Заражение посевного материала данным патогеном происходит на полях в период цветения. Заболевание имеет высокую вредоносность уже при низком начальном уровне зараженности семян. Экономические потери, вызванные пыльной головней при уровне заражения 1–2 %, приводят к снижению прибыли на 5–20 %. Вред, причиненный растению, отображается не только в прямых потерях урожая, но и в значительном снижении качества полученных семян. За счет летучести спор патоген получил очень широкое географическое распространение. Ни зараженные семена, ни развивающиеся растения не проявляют каких-либо явных или однозначных макроскопических симптомов. Пыльную головню легко распознать только при появлении колоса, поскольку колос или его часть замещаются массой черных спор гриба [8].

Возбудитель каменной головни *Ustilago hordei* (Pers.) Kell. Et Swing. заражает растения в период прорастания семян за счет спор, присутствующих на семенных оболочках. При интенсивном поражении каменной головней возможны уменьшение количества взошедших растений, продуктивности кустистости, числа зерен в колосе, снижение массы 1000 зерен и ухудшение технологических показателей качества. Одновременно может повышаться восприимчивость сортов к другим грибным болезням – карликовой ржавчине и мучнистой росе [9].

Для контроля проявления и вредоносности распространенных вредных организмов разработан комплекс агротехнических приемов и используется широкая линейка химических средств защиты. Однако использование генетически устойчивых и толерантных сортов является наиболее безопасным, экологическим и экономически выгодным методом [10].

С одной стороны, этот метод является основой интегрированных систем защиты растений, а с другой – использование устойчивых сортов позволяет прогнозировать потери от вредных объектов и определять потребность в проведении защитных мероприятий, снижать кратность химических обработок и норму расхода препаратов, изменять сроки обработки посевов [11].

В современных направлениях селекции актуальной остается адресность. В нынешних условиях не-

обходимо создавать системы сортов. Они должны быть дифференцированы для климатических условий, а также адаптированы к экологическим вызовам в форме быстро изменяющихся рас патогенов. Выбранные сорта должны быть хорошо адаптированы к условиям конкретного региона [12].

Исходя из описанного анализ первичного материала для селекции должен быть полным и разносторонним, а осуществлять его необходимо в условиях региона планируемого районирования, в том числе фитосанитарных. Только так можно будет оценить взаимодействие всех факторов, влияющих на получение качественного и высокого урожая [13].

Цель исследования – выявление среди изучаемых сортов и линий озимого и ярового ячменя высоко- и практически устойчивых к пыльной и каменной головне образцов для дальнейшей селекционной работы.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проведены в период 2022–2024 годов на изолированном инфекционном стационарном участке лаборатории иммунитета и защиты растений ФГБНУ «АНЦ „Донской“». Объектом исследования послужили образцы озимого и ярового ячменя местной селекции, а также полученные из ФГБНУ ФИЦ ВИГРР им. Вавилова, ФГБНУ НЦЗ ИМ. П. П. Лукьяненко, ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ и учреждений других стран (Украина, Беларусь, Германия, Голландия, Чехия, Дания и др.). Количество изучаемых образцов варьировало по годам. Так, по устойчивости к каменной головне в 2022 году было изучено 244 образца озимого и 196 ярового ячменя, в 2023 – 102 и 82 соответственно, а в 2024 – 84 и 91 образец соответственно. В питомнике пыльной головни в 2022 году изучались 202 образца озимого ячменя и 113 ярового, в 2023 году – 85 и 84, соответственно, в 2024 году объем составил 83 и 82 образца соответственно.

Образцы высевались ярусами, делянки длиной 1 погонный м, в ярусе длиной 15 метров, предшественик – черный пар. Площадь делянки составляла 0,7 м² в одной повторности в питомнике пыльной головни и в двух повторностях для каменной головни. В питомнике через каждые 20 делянок изучаемых сортов располагался контроль по восприимчивости: к пыльной головне – Одесский 100, Параллелум 1815; к каменной головне – Одесский 100, Параллелум 1697.

При оценке устойчивости к пыльной головне растения инокулировали споровой популяцией патогена вакуум-прибором по методике В. И. Кривченко. Так как возбудитель данного заболевания развивается по двухлетнему циклу, в первый год в фазу цветения сорта-дифференциаторы инокулировали споровой суспензией патогена. Зараженные колосья этикетировали и убирали в фазу полной спелости. В следующем году инфицированные семена высевали на фитопатологическом участке.

Подсчет больных и здоровых колосьев проводили в фазу молочной спелости. Заражение семян каменной головней проводили с использованием разработанной в ВИР жидкой питательной среды, содержащей 6-процентный раствор пивного сусла, 0,2 % агар-агара и 1 % декстрина.

Изучаемые образцы семян чмения помещали в пробирки, установленные в штативы, по 100 зерен в двух повторностях. Заливали в пробирки подготовленную смесь головневых спор и питательной среды, выдерживали в течение 15 минут, энергично встряхивали через каждые 5 минут. Высев заспоренных каменной головней образцов проводили в конце оптимальных сроков двухрядковыми деланками длиной 1 м.

При тестировании сортов определяли количество больных и здоровых растений. При иммунологической характеристике сорта использовали максимальный показатель из полученных данных.

Классификацию типа устойчивости у образцов проводили согласно методикам ВИР (2008) и ВИЗР (2010), используемым в большинстве научных учреждений (таблица 1)

В 2022 году выпали обильные осадки в марте и апреле. Повышенные температуры воздуха и засуха июня неблагоприятно отразились на растениях и патогене соответственно [14] (таблица 2).

Весной 2023 года лимитирующие осадки, превышающие среднегодовую показатели, были в апреле (+45,3 мм) и мае (+64,7 мм). При этом температурный режим был выше, либо на уровне многолетних значений.

Условия 2024 года характеризовались сильным недобором количества осадков, повышенными показателями по температуре. Такие условия отрицательно повлияли на развитие растений ячменя.

Результаты (Results)

В питомнике пыльной головни на изучении в 2022 году находилось 202 образца озимого ячменя. Максимальное проявление патогена 34,9 % отмечено у сорта Carpage (Франция). Без признаков поражения колоса выделено 37 образцов (18,2 % изученных образцов): Параллелум 2019, Купец, Тимофей (РФ), Вутан (Франция), Метелица (Украина) и др. Наибольшее количество образцов (101, или 49,5 %) относилось к практически устойчивым, проявление патогена не превышало 5 % пораженных колосьев на деланке: Фокс 1, Нутанс 1895, Жигули, Гранд (РФ), 524/34 (Украина) и др. Слабовосприимчивых образцов с проявлением патогена до 25 % отмечено 58: Премьер, Прикумский 85, Факир (РФ), Изгрев (Болгария), Azurel (Франция), и др. Среднюю восприимчивость к патогену с поражением до 50 % проявили 6 образцов: Параллелум 1767 х Эспада, Паттерн, Рандеву, Безостый 1954 (РФ), Carpage (Франция) и 75777/75 (Украина) (рис. 1).

По устойчивости к пыльной головне в 2023 году было оценено 85 образцов, из них выделено 18 об-

разцов без признаков поражения патогеном (20 %): Параллелум 1958 × Паллидум 1899, Параллелум 2131, Квант, Самсон (РФ) и др. Большая часть изучаемых образцов (50 шт., или 47 %) относилась к практически устойчивым с поражением до 5 % колосьев на деланке: Параллелум 1957 × Wintwalt, Параллелум 2084, Параллелум 2086 (РФ), Галактион (Франция) и др. К слабовосприимчивым отнесено 15 сортов и линий (17,6 %): Державный, Паллидум 2100, Огоньковский, Хутороки (РФ) др. Средневосприимчивых в отчетном году выявлено 2 сорта: Ханелоре (28,9 % поражения) и линия Фокс 1 × Паллидум 1952 (25,3 % поражения). Сильновосприимчивых к патогену образцов не выявлено.

Проявление пыльной головни в 2024 году на озимом ячмене было меньше, чем в предыдущие годы. Из 83 изученных образцов у 51 образца не отмечено проявления патогена (61,4 % исследуемого материала): Параллелум 2015, Параллелум 2019, Степ, Параллелум 2139, Параллелум 2141 (РФ) и др. До 5 % проявления патогена отмечено у 24 образцов (28,9 % исследуемого материала): Маруся × Ерема, Параллелум 2050, Параллелум 2051 (РФ) и др. До 25 % пораженных колосьев на деланке отмечено у 9 селекционных образцов (6 % от изученного материала): Виват × Параллелум 1991 (7,3 %), Тимофей × Willis (7,5 %), Паллидум 1899 × Параллелум 1981 (7,6 %), Параллелум 1983 × Параллелум 1967 (7,7 %), Безостый 2074 (9,4 %), (4,8 %): Паллидум 1899 × Параллелум 1991 (11,2 %), Параллелум 2049 (11,2 %), Ерема × Тимофей (16,2 %), Виват × Параллелум 1991 (18,9 %). Средневосприимчивых и сильновосприимчивых образцов не выявлено.

Проявление каменной головни на озимом ячмене в 2022 году варьировало от 0 % у 29 образцов, до максимума в 72 % пораженных растений на деланке у селекционного образца Фокс 1 × (Параллелум 1898 × Параллелум 1821). Всего на изучении находились 244 образца озимого ячменя. Образцы без признаков проявления патогена составили 11,8 % исследуемого материала (29 образцов): Параллелум 2047, Параллелум 2048, Параллелум 2049, Параллелум 2051, Купец (РФ), Академичный (Украина), Хоббит (Швейцария), Oribi, Baraka (Франция), Окал (Чехия), Cotanici, Rocca, Уши, Tokio, NVW 36/72, KWS-Casino, Corona (Германия) и др. Практически устойчивых образцов выделено 77 образцов (31,5 % от исследуемых): Паллидум 2058, Квант, Паллидум 1899 (РФ) и др. Большинство образцов (117) имели слабую восприимчивость к патогену (48 % исследуемых): Параллелум 2108, Аванс, Рандеву (РФ), Andrea, Etinsel (Германия) и др. Средневосприимчивыми (поражение до 50 % колосьев на деланке) в условиях данного года были 19 образцов (7,8 % от изученных): Параллелум 1959 × Паллидум 1970, Параллелум 2118, Параллелум 2115, Прикумский 85 (РФ), KWS-2-234 (Германия) и др. (рис. 2).

Таблица 1

Шкала оценки устойчивости ячменя к основным головневым болезням

Балл	Пыльная головня	Каменная головня
0	Высокоустойчивые образцы: без поражения	Высокоустойчивые образцы: без поражения
1	Практически устойчивые: поражение не более 5 %	Практически устойчивые: поражение не более 5 %
2	Слабовосприимчивые: поражение не превышает 25 %	Слабовосприимчивые: поражение не превышает 20 %
3	Средневосприимчивые: поражение не превышает 50 %	Средневосприимчивые: поражение не превышает 40 %
4	Сильновосприимчивые: поражение более 50 %	Сильновосприимчивые: поражение более 40 %

Table 1

Rating scale of barley resistance to major smut diseases

Point	Loose smut	Covered smut
0	Highly resistant samples: no damage	Highly resistant samples: no damage
1	Practically resistant: not more than 5 % of damage	Practically resistant: not more than 5 % of damage
2	Weakly susceptible: not more than 25 % of damage	Weakly susceptible: not more than 20 % of damage
3	Moderately susceptible: not more than 50 % of damage	Moderately susceptible: not more than 40 % of damage
4	Highly susceptible: more than 50 % of damage	Highly susceptible: more than 40 % of damage

Таблица 2

Лимитирующие факторы развития патогена в период с марта по июнь, 2021–2024 гг.

Месяц	Среднегодовое	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Среднемесячное количество осадков, мм				
Март	37,0	67,4	36	8,7
Апрель	42,7	65,9	88	13
Май	51,3	31,13	116	22
Июнь	71,3	9,57	37	13
Среднемесячная температура воздуха, °C				
Март	2,0	1	7,4	5
Апрель	10,7	12,6	11,5	16,5
Май	16,5	14,8	16	15,6
Июнь	20,5	23,2	20,5	24,7

Table 2

Factors, limiting pathogen development from March to June, 2021–2024

Month	Average long-term	2022	2023	2024
Average monthly precipitation, mm				
March	37.0	67.4	36	8.7
April	42.7	65.9	88	13
May	51.3	31.13	116	22
June	71.3	9.57	37	13
Average monthly air temperature, °C				
March	2.0	1	7.4	5
April	10.7	12.6	11.5	16.5
May	16.5	14.8	16	15.6
June	20.5	23.2	20.5	24.7

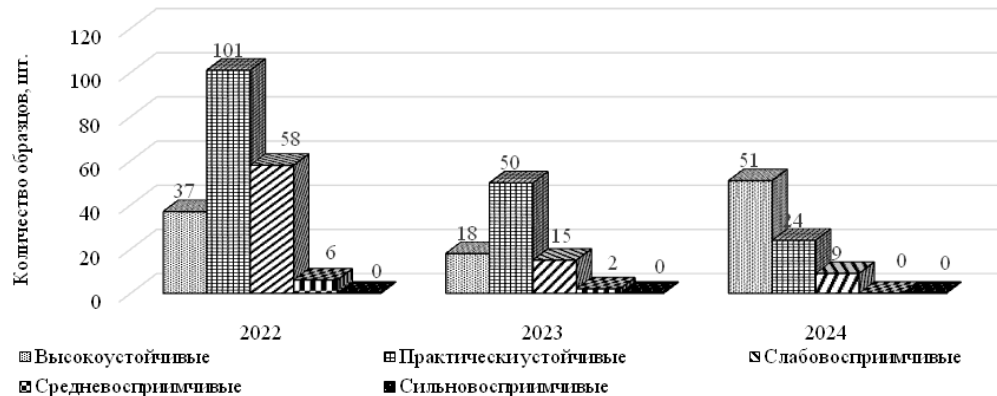


Рис. 1. Распределение изучаемых образцов озимого ячменя по поражению пыльной головней в годы проведения исследования

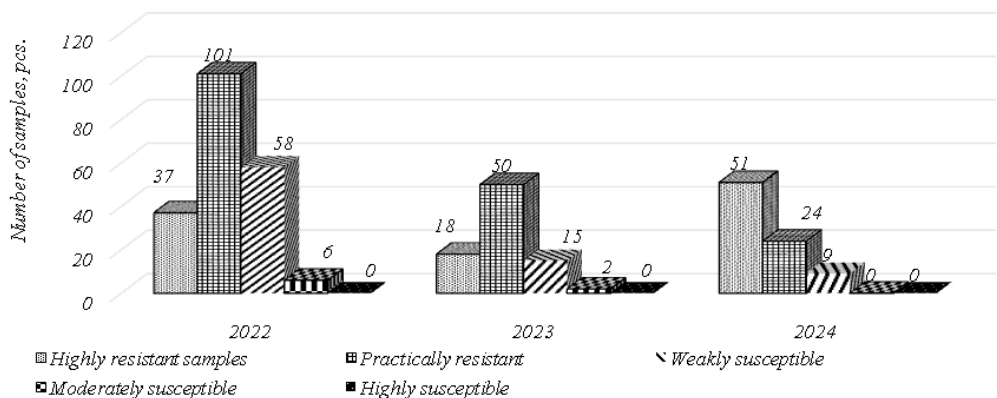


Fig. 1. Distribution of studied winter barley samples according to loose smut damage in the years of study

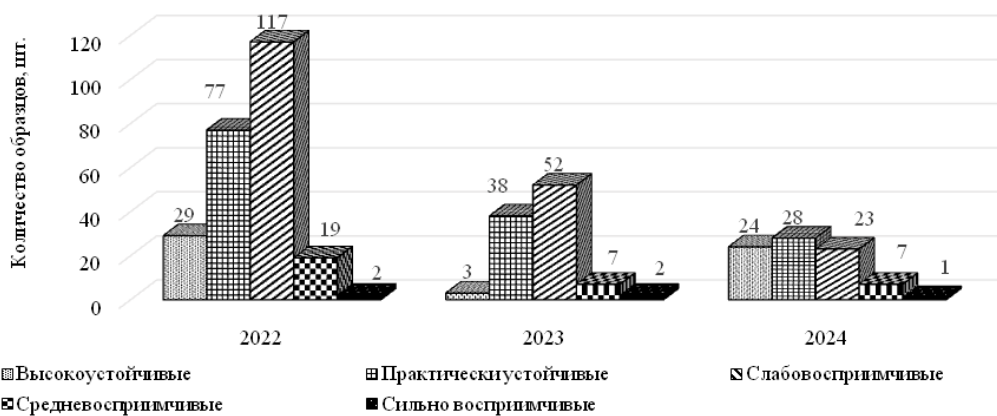


Рис. 2. Распределение изучаемых образцов озимого ячменя по поражению каменной головней в годы проведения исследования

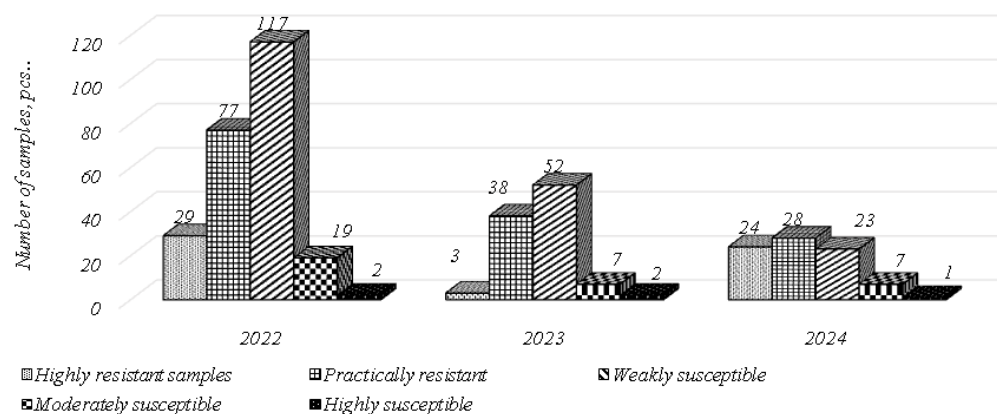


Fig. 2. Distribution of studied winter barley samples according to covered smut damage in the years of study

В 2023 году на устойчивость к каменной головне в изучении находились 102 образца озимого ячменя. Поражение патогеном варьировало от 0 % у 3 выделенных высокоустойчивых сортов (Академичный, Параллелум 2017 и Маруся × Ерема) до 60,7 % у сорта Спринтер (РФ). Практически устойчивые 38 образцов (с проявлением патогена до 5 % растений на делянке) составили 37,2 % от всех исследуемых образцов: Параллелум 2152, Explorer 6, Параллелум 2126 и др. Слабовосприимчивыми (до 20 % поражения патогеном) являются 52 образца, 50,9 %: Параллелум 2136, Параллелум. 2015, Трудивник и др. Средневосприимчивыми с поражением до 40 % растений на делянке являлись 7 (6,8 %) изученных образцов: Виват × Паралелум 1991, Виват × Паралелум 1991, Параллелум 2131, Паллидум 2163, Паллидум 2058, Державный (РФ) и Explorer 2 (Германия). Поражение патогеном более 40 % колосьев на делянке у двух сильновосприимчивых образцов: указанный ранее сорт Спринтер (РФ) с максимальным развитием патогена и сорт Posaune (Англия, 49,5 % поражения).

За 2024 год была проведена оценка 83 образцов озимого ячменя на устойчивость к каменной головне. Без проявления патогена были отмечены 24 исследуемых образца (28,9 % всего материала): Каррера, Параллелум 2226, Паллидум 2210 (РФ), Достойный (Украина) и др. До 5 % проявления патогена на делянке отмечено у 28 практически устойчивых образцов (33,7 % от исследуемых): Паллидум 2213, Безостый, Параллелум 2225, Параллелум 2084 (РФ) и др. До 20 % больных колосьев на делянке выявлено у 23 слабовосприимчивых образцов (27,7 % изученного материала): Паллидум 2100, Параллелум 2197, Юрий (РФ), Explorer 3/2 (Германия) и др. У 7 образцов (8,5 % материала) проявление патогена превышало 20 %: Параллелум 2191 (23,7 %), Паллидум 2100 (25 %), Параллелум 2223 (26,5 %), Безостый 2074 (26,8 %), Спринтер (37 %) (РФ), Explorer 4 (21,7 %) (Германия). Максимальное развитие патогена отмечено у линии Параллелум 2128: 48,3 % пораженных колосьев на делянке.

Таблица 3
Характеристика некоторых выделившихся по устойчивости к комплексу головневых патогенов сортов озимого ячменя, 2022–2024 гг.

Сорт/образец	Происхождение	Пыльная головня, %			Каменная головня, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Восприимчивый	РФ	26	28,9	18,9	72	60,7	48,3
Паллидум 2100	РФ	0,6	0	0,6	2	11,3	25
Параллелум 2120	РФ	0	0,5	0	0	0	0
Параллелум 2136	РФ	0	0,5	0	2,1	9,4	0
Параллелум 2146	РФ	1,3	1	0	0,9	3	0
Параллелум 2156	РФ	0,8	0	0	1,3	2,1	2,2
Параллелум 2149	РФ	0	0,2	0	0	0	0
Параллелум 2141	РФ	0,2	0,1	0	0	0	0
Эспада	РФ	4,4	0	1,2	4,6	4,8	4,7
Вася	РФ	0,6	2,1	1	0,5	1	0
Купец	РФ	0	0	0,1	0	2,8	0
Достойный	Украина	0,3	0	0	0,5	1,8	2
Академичный	Украина	0	1,3	0,9	0	0	0

Table 3
Characteristics of some winter barley varieties identified according to resistance to a complex of smut pathogens, 2022–2024

Variety/sample	Origin	Loose smut, %			Covered smut, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Vospriimchivyy	RF	26	28.9	18.9	72	60.7	48.3
Pallidum 2100	RF	0.6	0	0.6	2	11.3	25
Parallelum 2120	RF	0	0.5	0	0	0	0
Parallelum 2136	RF	0	0.5	0	2.1	9.4	0
Parallelum 2146	RF	1.3	1	0	0.9	3	0
Parallelum 2156	RF	0.8	0	0	1.3	2.1	2.2
Parallelum 2149	RF	0	0.2	0	0	0	0
Parallelum 2141	RF	0.2	0.1	0	0	0	0
Espada	RF	4.4	0	1.2	4.6	4.8	4.7
Vasya	RF	0.6	2.1	1	0.5	1	0
Kupets	RF	0	0	0.1	0	2.8	0
Dostoynyy	Ukraine	0.3	0	0	0.5	1.8	2
Akademichnyy	Ukraine	0	1.3	0.9	0	0	0

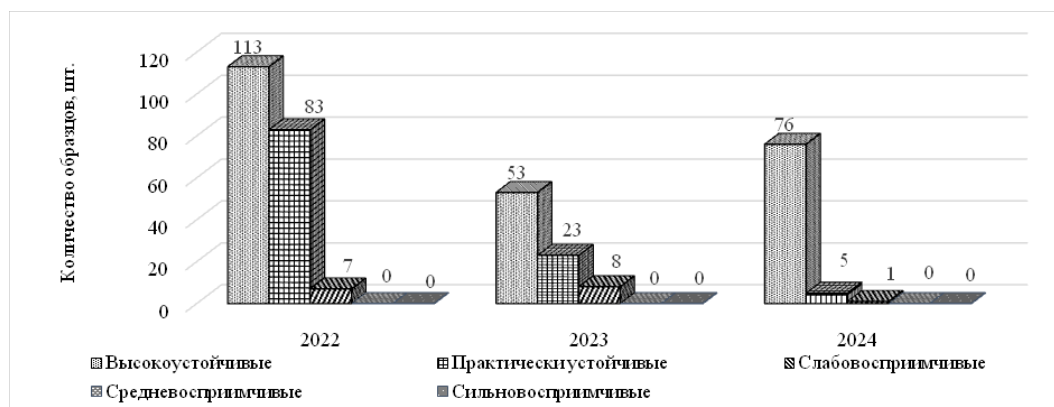


Рис. 3. Распределение изучаемых образцов ярового ячменя по поражению пыльной головней в годы проведения исследования



Fig. 3. Distribution of studied spring barley samples according to loose smut damage in the years of study

По результатам проведенных исследований выделены образцы озимого ячменя, проявившие комплексную устойчивость к изучаемым головневым патогенам. Линии селекции Центра Параллелум 2120, Параллелум 2149, Параллелум 2141 и сорта Купец (РФ), Достойный и Академичный (Украина) имели наименьшее поражение в различные годы (таблица 3).

В 2022 году поражение пыльной головней ярового ячменя варьировало от 0 % у 113 высокоустойчивых образцов (Грис, Федос, Зерноградский 1723, Зерноградский 1726 (РФ), Чарльз (Франция), Scarlett (Германия) др.), до 5–8 % у сортов Эльф, Леон, Зерноградский 1798, Зерноградский 1865, Зерноградский 1758 (РФ) и Бадьорий (Беларусь). Остальные 83 образца поражались патогеном до 5 % (Призер, Формат, Зерноградский 1796, Дончак, Зерноградский 1628, Зерноградский 1827 (РФ), Липень (Беларусь), Pioneer (Франция)) (рис. 3).

В 2023 году на изучении по устойчивости к пыльной головне находились 84 образца ярового ячменя. Без признаков проявления патогена выделены 53 образца: Аркан, Зерноградский 1866, Зерноградский 1867 (РФ) и др. Проявление патогена до 5 % колосьев на делянке выявлено у 23 образцов: Зерноградский 1666 × Грейс, Зерноградский 1678 × Щедрый (РФ) и др. До 25 % пораженных растений на делянке отмечено у 8 образцов: Зерноградский

1636 × Галактика, Зерноградский 1636 × Галактика, Зерноградский 1652 × Ратник и др.

В 2024 году развитие пыльной головни в питомнике ярового ячменя было самым слабым за годы изучения. У 76 образцов из 82 изученных не отмечено проявление патогена (92,7 % исследуемых образцов): Азимут, Аркан, Зерноградский 1755, Зерноградский 1801 и др. До 5 % проявления патогена отмечено у 5 образцов (6 %): Зерноградский 1666 × Грейс (0,5 %), Зерноградский 1666 × Грейс (0,6 %), Зерноградский 1890 (2,5 %), Леон × NB-Owa (2,5 %) и Зерноградский 1636 × Грис (4 %). Только один исследуемый образец имел поражение патогеном больше 5 %: Зерноградский 1652 × [(Пр. 9 × Гетьман) × (Леон × Olga (629-1))] – 8,5 %.

Высокую устойчивость к каменной головне в 2022 году проявили 115 из 196 исследуемых образцов (58,7 % исследуемых образцов): Зерноградский 1801, Леон, Формат, Магнит, Кумир (РФ), Margret, Грейс, Pioneer (Франция) и др. До 5 % колосьев на делянке отмечено у 76 практически устойчивых образцов (38,7 % изученного материала): Зерноградский 1724, Зерноградский 1636 × Новик, Степ, Зерноградский 1866, Маруся (РФ), Dolly (Канада), Ditta (Чехия) и др. Слабую восприимчивость показали сорта: Зерноградский 1670, Зерноградский 1861, Respect (Франция). Средневосприимчивым был сорт 1057-1923 (Германия, 26,6 %), сильно восприимчивым Оленек (РФ, 36,8 %) (рис. 4).

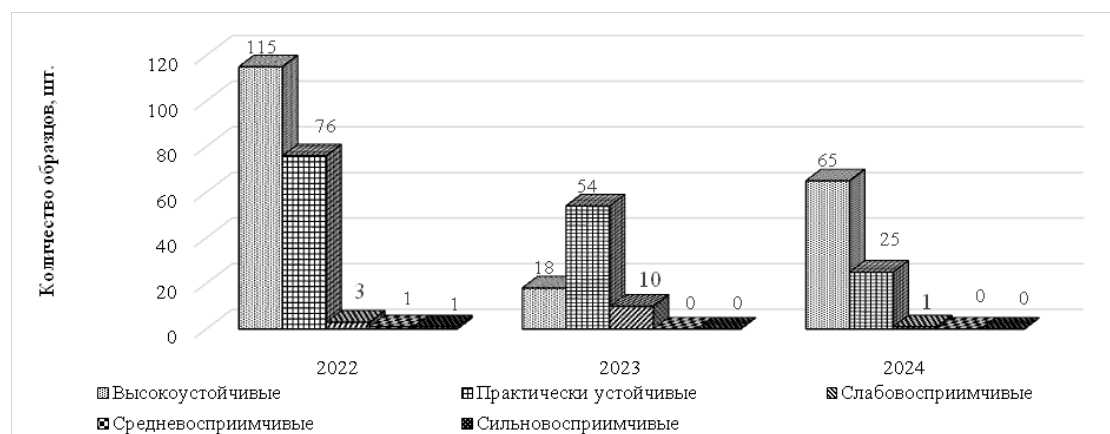


Рис. 4. Распределение изучаемых образцов ярового ячменя по поражению каменной головней в годы проведения исследования

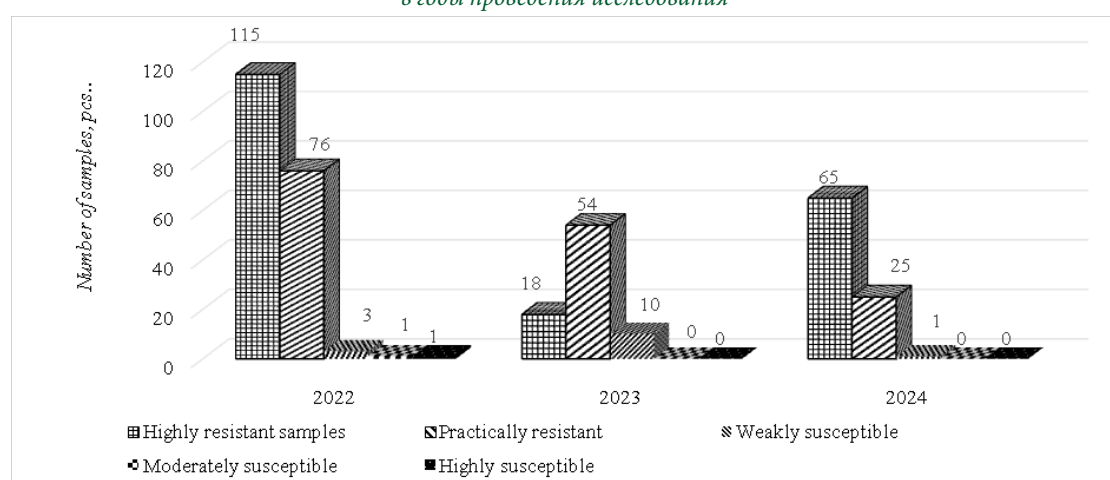


Fig. 4. Distribution of studied spring barley samples according to covered smut damage in the years of study

В 2023 году в изучении находились 82 образца ярового ячменя. Без признаков поражения патогеном выявлено 18 образцов: Зерноградский 1666 × Грейс, Ратник, Икорец (РФ) и др. До 5 % поражения отмечено у 54 образцов: Щедрый × Командир, Степняк, Зерноградский 1879 (РФ) и др. До 20 % поражение отмечено у 10 образцов: Ярунчик, Богатырь, Зерноградский 1801 (РФ) и др.

Всего на изучении в условиях 2024 года находился 91 образец ярового ячменя. Поражение каменной головней варьировало от 0 % у 65 высокоустойчивых сортов (Зерноградский 1861, Зерноградский 1890, Яровит (РФ) и др.) до 6,6 % у сорта Азимут (РФ). Остальные изученные образцы (25 шт.) имели до 5 % пораженных колосьев на делянке: Зерноградский 1937, Зерноградский 1962, Грис, Федос (РФ) и др.

Ежегодно развитие головневых заболеваний на яровом ячмене значительно меньше, чем на озимом [15]. За годы проведения исследования выделены сорта и линии ярового ячменя, проявившие практическую устойчивость к комплексу головневых патогенов. Линии селекции Центра Зерноградский 1917, Зерноградский 1918 и сорт Таловский 9 (РФ) не имели поражения пыльной и каменной головней в годы проведения исследования. (таблица 4).

Сорта ячменя (*Hordeum vulgare* L.) селекции АНЦ «Донской», внесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенные к использованию в производстве в годы исследования имели меньшее поражение головневыми заболеваниями, чем восприимчивые тест-сорта. Среди сортов двуручек сорт Маруся имел наименьшее поражение головневыми заболеваниями (до 3 % растений на делянке). Сорт Степ имел проявление патогенов до 5 %. У сорта Тимофей развитие патогенов не превышало 10 %. Наибольшее распространение патогена отмечено на сорте Виват, при различных гидротермических условиях оно варьировало от 1,9 до 23,4 % пораженных растений на делянке [16] (таблица 5).

По озимому ячменю наилучшие показатели устойчивости к патогенам выявлены у сорта Фокс 1, за все годы исследования до 3 % колосьев на делянке. Ранее районированные сорта Ерема и Жигули имели немного большее поражение, от 0 до 12,2 % по годам.

Среди районированных сортов ярового ячменя развитие патогенов варьировало от 0 до 11,6 % (каменная головня на сорте Леон в 2023 году). Приазовский 9, Ратник, Щедрый, Новик, Грис, Формат и Азимут поражаются менее чем на 5 %.

Несмотря на ежегодную работу по выделению устойчивого исходного материала, необходимо соблюдать и агротехнологические мероприятия, поскольку расовый состав всех видов головки быстро меняется. Исходя из вышеуказанных данных представленным сортам озимого и ярового ячменя рекомендуется протравливание семян перед посевом [17]. Это наиболее экономически выгодное мероприятие в системе защиты будущего урожая, особенно в районах с неблагоприятной эпифитотийной обстановкой головневых заболеваний.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное нами исследование включало в себя качественную иммунологическую оценку образцов ячменя. Выделены перспективные по устойчивости к каменной и пыльной головне селекционные линии Центра среди озимого (Паллидум 2100, Параллелум 2120, Параллелум 2136, Параллелум 2146, Параллелум 2156, Параллелум 2149) и яро-

вого ячменя (Зерноградский 1955, Зерноградский 1917, Зерноградский 1918, Зерноградский 1942). Выделены сорта отечественной и зарубежной селекции, показавшие комплексную резистентность к головневым заболеваниям. Среди озимых форм это сорта Купец, Достойный, Академичный, Эспада, Вася и др. Среди яровых: Таловский 9, Икорец, Тамлык, Эней, Яровит, Булат, Скиф, Магнит и др.

Все выделенные источники резистентности к пыльной и каменной головне позволяют селекционерам путем целенаправленного их использования в селекционном процессе создавать перспективный материал ячменя с высокой и практической устойчивостью к изученным патогенам.

Сортам озимого и ярового ячменя селекции АНЦ «Донской», внесенным в Государственный реестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию в производстве рекомендуется протравливание семян перед посевом.

Таблица 4
Характеристика некоторых выделившихся по устойчивости к комплексу головневых патогенов сортов ярового ячменя, 2022–2024 гг.

Сорт/образец	Происхождение	Пыльная головня, %			Каменная головня, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Восприимчивый		7,5	11	8,5	36,8	11,6	6,6
Зерноградский 1955	РФ	0	0,3	0	0	0	0
Зерноградский 1917	РФ	0	0	0	0	0	0
Зерноградский 1918	РФ	0	0	0	0	0	0
Зерноградский 1942	РФ	0	0,4	0	0	0	0
Таловский 9	РФ	0	0	0	0	0	0
Икорец	РФ	0,5	2	0	0,3	0,1	0
Тамлык	РФ	0	0,5	0	0	0,3	0
Эней	Украина	0,6	3,8	0	0,5	0	0
Яровит	РФ	0,8	0	0	0,1	0	0
Булат	РФ	0	0	0	0	0	0
Скиф	РФ	0,1	0	0	0,2	0	0
Магнит	РФ	0	1,1	0	0	0	0

Table 4
Characteristics of some spring barley varieties distinguished by resistance to a complex of smut pathogens, 2022–2024

Variety/sample	Origin	Loose smut, %			Covered smut, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Vospriimchivyy		7.5	11	8.5	36.8	11.6	6.6
Zernogradskiy 1955	RF	0	0.3	0	0	0	0
Zernogradskiy 1917	RF	0	0	0	0	0	0
Zernogradskiy 1918	RF	0	0	0	0	0	0
Zernogradskiy 1942	RF	0	0.4	0	0	0	0
Talovskiy 9	RF	0	0	0	0	0	0
Ikorets	RF	0.5	2	0	0.3	0.1	0
Tamlyk	RF	0	0.5	0	0	0.3	0
Eney	Ukraine	0.6	3.8	0	0.5	0	0
Yarovit	RF	0.8	0	0	0.1	0	0
Bulat	RF	0	0	0	0	0	0
Skif	RF	0.1	0	0	0.2	0	0
Magnit	RF	0	1.1	0	0	0	0

Таблица 5
Характеристика сортов ячменя селекции АНЦ «Донской»,
внесенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ
и допущенных к использованию в производстве, 2022–2024 гг.

Сорт/образец	Год включения в реестр	Пыльная головня, %			Каменная головня, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Ячмень двуручка							
Восприимчивый		7,5	11	8,5	36,8	11,6	36,6
Тимофей	2012	0	0,5	0	5,4	2	6,7
Виват	2018	1,9	10,6	5	23,4	2,6	20,9
Маруся	2020	1,9	2,8	0	2	2,6	2,5
Степ	2024	2,1	4,9	0	4,1	3,3	4,2
Ячмень озимый							
Жигули	2008	1,8	4,4	3	5,5	4	5
Ерема	2015	3,6	12,2	0	10	6	3,5
Фокс 1	2019	0,4	2,5	0,3	2	2,6	1,5
Ячмень яровой							
Восприимчивый		8	12	8,5	36,8	21,3	6,6
Приазовский 9	2000	0	1,9	0	0	0	0
Ратник	2004	0	0	0	2,9	0	0
Щедрый	2011	1,5	1,5	0	0	1,5	2,5
Новик	2012	0	2,6	0	2	2,6	0
Леон	2012	6	10,6	0	0	11,6	0
Грис	2016	4,7	1,7	0	1,7	1,7	2,5
Федос	2019	1,3	4,7	0	5,8	4,7	2,5
Формат	2020	2,6	1,3	0	0	1,3	1,2
Азимут	2022	0,9	4,5	0	4,8	1,3	6,6

Table 5
Characteristics of barley varieties developed by the ARC “Donskoy”
and approved for use in production, 2022–2024

Variety/sample	The year of register	Loose smut, %			Covered smut, %		
		2022	2023	2024	2022	2023	2024
Facultative barley							
Vospriimchivyy		7.5	11	8.5	36.8	11.6	36.6
Timofey	2012	0	0.5	0	5.4	2	6.7
Vivat	2018	1.9	10.6	5	23.4	2.6	20.9
Marusya	2020	1.9	2.8	0	2	2.6	2.5
Step	2024	2.1	4.9	0	4.1	3.3	4.2
Winter barley							
Zhiguli	2008	1.8	4.4	3	5.5	4	5
Erema	2015	3.6	12.2	0	10	6	3.5
Foks 1	2019	0.4	2.5	0.3	2	2.6	1.5
Spring barley							
Vospriimchivyy		8	12	8.5	36.8	21.3	6.6
Preazovskiy 9	2000	0	1.9	0	0	0	0
Ratnik	2004	0	0	0	2.9	0	0
Shchedryy	2011	1.5	1.5	0	0	1.5	2.5
Novik	2012	0	2.6	0	2	2.6	0
Leon	2012	6	10.6	0	0	11.6	0
Gris	2016	4.7	1.7	0	1.7	1.7	2.5
Fedos	2019	1.3	4.7	0	5.8	4.7	2.5
Format	2020	2.6	1.3	0	0	1.3	1.2
Azimut	2022	0.9	4.5	0	4.8	1.3	6.6

Библиографический список

1. Doroshenko E., Filippov Y., Dontsova A., Dontsov D. Screening of breeding material of naked barley for breeding-valuable traits in the conditions of the Rostov region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 937. Article number 022121. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121.
2. Чертова Н. Г., Скворцова Ю. Г., Фирсова Т. И., Филенко Г. А. Семеноводство и периоды сортосмены ярового ячменя в ФГБНУ «АНЦ „Донской“» // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 61–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-61-64.
3. Филиппов Е. Г., Брагин Р. Н., Донцова А. А., Донцов Д. П. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3 (27). С. 172–179. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179.
4. Филенко Г. А., Донцова А. А., Скворцова Ю. Г. Оценка производства и мониторинг сортового состава высеванных семян озимого ячменя в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 4. С. 60–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-60-66.
5. Попов А. С., Овсянникова Г. В., Сухарев А. А., Донцова А. А., Донцов Д. П., Зеленская Г. М., Фетюхин И. В., Лесных О. С. Влияние гидротермических условий на формирование урожая ячменя-двуручки сорта Маруся в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68.
6. Bailey S. L., Morier-Gxoyiya C., Swathy P. S., Saunders D. G. O. A history of strategies and a tapestry of triumphant tales in tackling plant fungal diseases // Plant Pathology. 2024. Vol. 73. Pp. 1619–1628. DOI: 10.1111/ppa.13950.
7. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. Т. 25, № 4. 2021. С. 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044.
8. Семенова А. Г., Анисимова А. В., Ковалева О. Н. Устойчивость к вредным организмам современных сортов ячменя // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, № 4. С. 108–116.
9. Новикова А. А., Гречишкина О. С., Зоров А. А., Богданова О. В. Устойчивость образцов ячменя оренбургской селекции к основным заболеваниям // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 226–238. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-226.
10. Плотнокова Л. Я., Мешкова Л. В., Сабасева О. Б., Николаев П. Н. Резистентность к каменной головне сортов и коллекционных образцов двурядного ячменя в Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (37). С. 50–60.
11. Мешкова Л. В., Николаев П. Н., Васюкевич С. В. [и др.] Иммунологическая характеристика ячменя и овса по устойчивости к природным популяциям головнёвых заболеваний // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 10. С. 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006.
12. Дорошенко Е. С., Дорошенко Э. С., Шишкин Н. В. Полная иммунологическая характеристика коллекции голозерного ячменя в условиях южной зоны // Аграрный вестник Урала. 2022. № 08 (223). С. 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26.
13. Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Оценка озимого ячменя на устойчивость к пыльной головне // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 5. С. 108–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-108-112.
14. Архив погоды в Зернограде [Электронный ресурс]. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Зернограде (дата обращения: 21.12.2024).
15. Дорошенко Е. С., Шишкин Н. В. Поиск источников устойчивости к пыльной головне для селекции ярового ячменя. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 174. С. 106–112. DOI: 10.21515/1990-4665-174-011.
16. Донцова А. А., Донцов Д. П., Филиппов Е. Г. Селекция сортов двуручек ячменя в ФГБНУ АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. – 2023. Т. 15, № 5. С. 39–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-39-47.
17. Постовалов А. А., Суханова Ф. Эффективность предпосевной обработки семян ярового ячменя фунгицидами // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2020. № 2 (55). С. 42–49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49.

Об авторах:

Екатерина Сергеевна Дорошенко, младший научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия; ORCID 0000-0002-6015-5616, AuthorID 366429. E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Николай Васильевич Шишкин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории иммунитета и защиты растений, Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия; ORCID 0000-0003-3863-0297, AuthorID 686309. E-mail: nik.shishkin.1961@mail.ru

Ольга Сергеевна Кононенко, агроном лаборатории иммунитета и защиты растений, Аграрный научный центр «Донской», Зерноград, Россия; ORCID 0000-0001-7012-6440, AuthorID 883460. E-mail: olapavlenko3008@gmail.com

References

1. Doroshenko E., Filippov Y., Dontsova A., Dontsov D. Screening of breeding material of naked barley for breeding-valuable traits in the conditions of the Rostov region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021; 937: 022121. DOI: 10.1088/1755-1315/937/2/022121.
2. Chertkova N. G., Skvortsova Yu. G., Firsova T. I., Filenko G. A. Seed production and variety changing periods of spring barley in the FSBSI "ARC "Donskoy". *Grain Economy of Russia*. 2020; 4 (70): 61–64. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-70-4-61-64. (In Russ.)
3. Filippov E. G., Bragin R. N., Dontsova A. A., Dontsov D. P. Assessment of ecological plasticity and stability of spring barley. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021; 3 (27): 172–179. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179. (In Russ.)
4. Filenko G. A., Dontsova A. A., Skvortsova Yu. G. Estimation of production and monitoring of a varietal composition of the sown winter barley seeds in the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2024; 16 (4): 60–66. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-60-66. (In Russ.)
5. Popov A. S., Ovsyannikova G. V., Sukharev A. A., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Zelenskaya G. M., Feyukhin I. V., Lesnykh O. S. The effect of hydrothermal conditions on the formation of productivity of the facultative barley variety 'Marusya' in the southern part of the Rostov region. *Grain Economy of Russia*. 2021; 5 (77): 63–68. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-63-68. (In Russ.)
6. Bailey S. L., Morier-Gxoyiya C., Swathy P. S., Saunders D. G. O. A history of strategies and a tapestry of triumphant tales in tackling plant fungal diseases. *Plant Pathology*. 2024; 73: 1619–1628. DOI: 10.1111/ppa.13950.
7. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I., Kostenko S. I. Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021; 25 (4): 401–407. DOI: 10.18699/VJ21.044. (In Russ.)
8. Semenova A. G., Anisimova A. V., Kovaleva O. N. Resistance of modern spring barley cultivars to harmful organisms. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021; 182(4): 108–116. (In Russ.)
9. Novikova A. A., Grechishkina O. S., Zorov A. A., Bogdanova O. V. Resistance of barley samples of the orenburg selection to major diseases. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023; 106 (2): 226–238. DOI: 10.33284/2658-3135-106-2-226. (In Russ.)
10. Plotnikova L. Ya., Meshkova L. V., Sabaeva O. B., Nikolaev P. N. Resistance of two-row barley varieties and collection samples to covered smut in western Siberia. *Vestnik of Omsk SAU*. 2020; 1 (37): 50–60. (In Russ.)
11. Meshkova L. V., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Sabaeva O. B., Pyatkova O. V. Immunological characteristics of barley and oats for resistance to natural populations of smut diseases. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34 (10): 43–49. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11006. (In Russ.)
12. Doroshenko E. S., Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Complete immunological characteristics of the collection of hull-less barley in the conditions of the southern zone. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 08 (223): 15–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-223-08-15-26. (In Russ.)
13. Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Estimation of winter barley for loose smut resistance. *Grain Economy of Russia*. 2024; 16 (5): 108–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-108-112. (In Russ.)
14. Weather archive in Grain city [Internet]. 2024 [cited 2024 Dec 21]. Available from: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Зернограде. (In Russ.)
15. Doroshenko E. S., Shishkin N. V. Search for loose smut resistance sources for spring barley breeding. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2021; 174: 106–112. DOI: 10.21515/1990-4665-174-011. (In Russ.)
16. Dontsova A. A., Dontsov D. P., Filippov E. G. Breeding of the facultative barley varieties at the FSBSI ARC "Donskoy". *Grain Economy of Russia*. 2023; 15 (5): 39–47. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-39-47. (In Russ.)
17. Postovalov A. A., Sukhanova S. F. Efficiency of spring barley seed pre-sowing treatment with fungicides. *Vestnik NGAU*. 2020; 2 (55): 42–49. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-42-49. (In Russ.)

Authors' information:

Ekaterina S. Doroshenko, junior researcher of the laboratory for plant immunity and protection, Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia; ORCID 0000-0002-6015-5616, AuthorID 366429.

E-mail: katyalevchenko1@mail.ru

Nikolay V. Shishkin, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory for plant immunity and protection, Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia; ORCID 0000-0003-3863-0297, AuthorID 686309. E-mail: nik.shishkin.1961@mail.ru

Olga S. Kononenko, agronomist of the laboratory for plant immunity and protection, Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russia; ORCID 0000-0001-7012-6440, AuthorID 883460.

E-mail: olapavlenko3008@gmail.com

Изучение генофонда льна масличного в Костанайской области: опыт ТОО «СХОС Заречное»

Д. С. Ергазина¹, Д. Б. Жамалова^{2✉}, Б. И. Тыныспаева¹, А. В. Зинченко¹, З. К. Агибаева¹

¹ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция „Заречное“, с. Заречное, Костанайская область, Республика Казахстан

²НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтурсынылы», Костанай, Республика Казахстан

✉ E-mail: dinarazhamalova25@mail.ru

Аннотация. Основной целью исследования является изучение генофонда льна масличного в условиях Костанайской области для выделения высокопродуктивных, устойчивых к засухе и болезням сортов, адаптированных к региональным условиям. **Методы.** Опытные-полевые исследования проводились на базе ТОО «СХОС Заречное» в 2024 г. Изучались фенологические фазы развития, урожайность, масличность, масса 1000 семян более 50 сортообразцов. Также анализировались метеорологические условия вегетационного периода и их влияние на рост растений. **Научная новизна.** Работа основывается на принципе, что создание конкурентоспособных сортов требует наличия широкого генофонда и глубокого изучения биологических и хозяйственно-ценных признаков. Новизна исследования заключается в комплексной оценке современных сортов льна, отобранных с учетом региональных климатических рисков, и их возможного включения в селекционные программы. Впервые в условиях Костанайской области даны сравнительные характеристики адаптивности и продуктивности широкого спектра сортообразцов. Исследования также направлены на выявление сортов, устойчивых к засухе, болезням и вредителям, изучение генетического разнообразия льна и селекционных возможностей, оценку потенциала масличности и биохимического состава семян, усовершенствование агротехнологий с учётом генетических особенностей растений. **Результаты.** Выделены перспективные сорта (Исток, Еруслан, Метелица, С 5402 (Satte), Алтын), отличающиеся коротким вегетационным периодом (82–85 суток), высокой масличностью (до 45,2 %) и урожайностью (до 15,7 ц/га). Установлено, что данные образцы наиболее адаптированы к региональным условиям и могут быть использованы в дальнейших селекционных и производственных программах.

Ключевые слова: лен масличный, сорт, генофонд, масличность, засухоустойчивость, адаптация, селекция

Благодарности. Статья подготовлена в рамках программно-целевого финансирования МСХ РК на 2024–2026 годы по научно-технической программе «Селекционно-генетическая технология развития систем долгосрочного хранения, восстановления, мониторинга и рационального использования агробиоразнообразия как базовой основы улучшения селекционных программ РК» (BR22885305).

Для цитирования: Ергазина Д. С., Жамалова Д. Б., Тыныспаева Б. И., Зинченко А. В., Агибаева З. К. Изучение генофонда льна масличного в Костанайской области: опыт ТОО «СХОС Заречное» // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1177–1187. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1177-1187>.

Дата поступления статьи: 30.05.2025, **дата рецензирования:** 30.06.2025, **дата принятия:** 09.07.2025.

Study of the oilseed flax gene pool in Kostanay region: the experience of LLP “AES Zarechnoe”

D. S. Ergazina¹, D. B. Zhamalova^{2✉}, B. I. Tynyspaeva¹, A. V. Zinchenko¹, Z. K. Agibaeva¹

¹ Agricultural experimental station “Zarechnoe” LLP, Zarechnoe village, Kostanay region, Republic of Kazakhstan

² Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly CJSC, Kostanay, Republic of Kazakhstan

✉ E-mail: dinarazhamalova25@mail.ru

Abstract. The main **purpose** of the study is to study the gene pool of oilseed flax in the Kostanay region to identify highly productive, drought- and disease-resistant varieties adapted to regional conditions. **Methods.** Experimental field research was conducted on the basis of LLP “AES Zarechnoe” in 2024. The phenological phases of development, yield, oil content, and weight of 1000 seeds of more than 50 cultivars were studied. The meteorological conditions of the growing season and their effect on plant growth were also analyzed. **Scientific novelty.** The study is based on the principle that the creation of competitive varieties requires a wide gene pool and in-depth study of biological and economically valuable traits. The novelty of the study lies in a comprehensive assessment of modern flax varieties selected taking into account regional climatic risks and their possible inclusion in breeding programs. For the first time in the conditions of the Kostanay region, comparative characteristics of adaptivity and productivity of a wide range of cultivars are given. Research is also aimed at identifying varieties resistant to drought, diseases and pests, studying the genetic diversity of flax and breeding opportunities, assessing the potential of oil content and biochemical composition of seeds, improving agricultural technologies taking into account the genetic characteristics of plants. **Results.** Promising varieties have been identified (Istok, Eruslan, Metelitsa, C 5402 (Satte), Altyn), characterized by a short growing season (82–85 days), high oil content (up to 45.2 %) and yield (up to 15.7 c/ha). It has been established that these samples are most adapted to regional conditions and can be used in further breeding and production programs.

Keywords: oilseed flax, variety, gene pool, oil content, drought resistance, adaptation, breeding

Acknowledgements. The article was prepared as part of the targeted program financing of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2024–2026 under the scientific and technical program “Breeding and genetic technology for the development of long-term storage, restoration, monitoring and rational use of agrobiodiversity as a basic basis for improving breeding programs of the Republic of Kazakhstan” (BR22885305).

For citation: Ergazina D. S., Zhamalova D. B., Tynyspaeva B. I., Zinchenko A. V., Agibaeva Z. K. Study of the oilseed flax gene pool in Kostanay region: the experience of LLP “AES Zarechnoye”. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1177–1187. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1177-1187>. (In Russ.)

Date of paper submission: 30.05.2025, **date of review:** 30.06.2025, **date of acceptance:** 09.07.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Костанайская область, расположенная на северо-западе Казахстана, обладает значительным аграрным потенциалом благодаря плодородным почвам и благоприятным климатическим условиям. Одной из перспективных культур в регионе является лен масличный (*Linum usitatissimum* L.), востребованный как на внутреннем, так и на мировом рынке [9].

Масличный лен широко используется для производства масла, а также находит применение в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности [14]. В условиях современного сельского хозяйства данная культура приобретает стратегическое значение, особенно в засушливых регионах, таких как север Казахстана.

Создание новых сортов льна требует учета агро-экологических условий, многообразия почвенно-климатических зон и отбора по целому ряду признаков [1]. Среди них ключевыми являются высокая и стабильная урожайность, масличность семян, устойчивость к патогенам, сокращенный вегетационный период, рентабельность семеноводства и наличие маркерных признаков, облегчающих идентификацию и патентование [2].

Спрос на масличный лен растет благодаря его пищевой и биологической ценности: масло из семян богато омега-3 жирными кислотами и антиоксидантами [3]. Кроме того, культура устойчива к засухе, способствует восстановлению плодородия

почвы и пользуется устойчивым спросом на экспортных рынках (страны ЕС, Китай и др.).

В Костанайской области изучение и селекция льна масличного имеют особое значение. Ведущую роль в этом направлении играет ТОО «СХОС Заречное», где проводятся работы по изучению и совершенствованию генофонда льна с целью выделения наиболее продуктивных и устойчивых форм для условий северного Казахстана [9].

В условиях Костанайской области масличный лен демонстрирует хорошую адаптацию, устойчивость к засухе и способность эффективно использовать влагу, что делает его особенно актуальным в условиях изменения климата. Кроме того, культура способствует улучшению структуры почвы и восстановлению ее плодородия благодаря мощной корневой системе.

Разработка и внедрение новых сортов льна требуют глубокого изучения генетического разнообразия и адаптивного потенциала. Селекция в Казахстане, как и во многих странах, ориентирована на комплекс признаков, включая:

- высокую и стабильную урожайность;
- масличность семян;
- устойчивость к основным болезням;
- сокращенный вегетационный период;
- рентабельность семеноводства;
- наличие маркерных морфологических и биохимических признаков [2].

Особое значение в селекционной и генетической работе приобретает изучение генофонда. Именно эта задача стала ключевой в деятельности ТОО «СХОС Заречное», которое активно работает над оценкой, отбором и сохранением перспективных форм льна масличного для условий северного Казахстана [9].

Таким образом, исследование генофонда льна в Костанайской области является важной частью устойчивого развития аграрного сектора региона и основой для создания конкурентоспособных сортов, адаптированных к местным условиям.

Методология и методы исследования (Methods)

Опыты проводились в Северном Казахстане, на полях Костанайской области ТОО «СХОС Заречное».

Почвенно-климатические условия. Костанайская область характеризуется умеренно-континентальным климатом с холодными зимами и жарким летом. Осадки выпадают преимущественно весной и в начале лета, что важно для хорошего прорастания и роста льна. Оптимальными для выращивания являются черноземы и каштановые почвы, которыми богата большая часть региона.

Для региона важны засухоустойчивые и высокоурожайные сорта льна. Среди перспективных сортов для северного Казахстана выделяются Северный и Алтайр, которые дают стабильные урожаи даже при недостатке влаги.

Урожайность льна в Костанайской области зависит от соблюдения агротехники и погодных условий. В среднем удается получать 6–10 ц семян с 1 га, однако засушливые годы могут снижать этот показатель.

Метеорологические условия проведения исследований 2024 года. Осадки апреля превысили многолетнюю норму на 5,3 мм, а температурные показатели составили 10 °С, что больше многолетних в 2 раза. Эти факторы способствовали массовому отрастанию зимующих малолетних сорняков, в результате чего потребовалась дополнительная промежуточная культивация опытных полей (таблица 1).

Таблица 1
Среднесуточная температура воздуха и распределение осадков по месяцам вегетационного периода, 2024 г.

Месяц	Температура, °С			Осадки, мм		
	Факт	Норма	Отклонение	Факт	Норма	Отклонение
Апрель	10,0	5,3	+4,7	31,4	26,0	+5,4
Май	11,1	13,7	–2,6	30,2	36,0	–5,8
Июнь	22,1	20,0	+2,1	51,8	35,0	+16,8
Июль	20,9	20,9	–	56,0	56,0	–
Август	17,6	18,9	–1,3	71,3	35,0	+36,3

Table 1
Average daily air temperature and precipitation distribution by month during the growing season, 2024

Monthly	Temperature, °C			Precipitation, mm		
	Fact	Standard	Deviation	Fact	Standard	Deviation
April	10.0	5.3	+4.7	31.4	26.0	+5.4
May	11.1	13.7	–2.6	30.2	36.0	–5.8
June	22.1	20.0	+2.1	51.8	35.0	+16.8
July	20.9	20.9	–	56.0	56.0	–
August	17.6	18.9	–1.3	71.3	35.0	+36.3

В первой и третьей декадах мая количество осадков было ниже среднегодовой нормы в 3,8 и 1,8 раза соответственно, тогда как во второй декаде их сумма составила 20,3 мм, что превышало норму в 1,7 раза. Снижение температуры воздуха до 11,1 °С при среднегодовом показателе 13,7 °С в сочетании с благоприятным распределением влаги способствовало проведению посева масличных культур с высоким качеством и обеспечило формирование дружных и сильных всходов.

В первой декаде июня количество осадков было в пределах нормы – 12,8 мм, а вот во второй декаде их практически не было, всего 0,6 мм, тогда как в третьей декаде выпало 38,4 мм, что в 2,4 раза превысило многолетние значения. В целом за июнь 51,8 мм осадков превышает многолетние 35,0 мм в 1,5 раза. По температуре воздуха июнь был на 2,1 °С теплее, чем показатели за многолетний период, а первые две декады превышали многолетние значения соответственно на 4,1 °С и 4,7 °С.

В июле по осадкам проявился июльский максимум – 56,0 мм, что совпало со среднегодовыми данными. По температуре аналогичная ситуация – полное совпадение с многолетними значениями (20,9 °С) и отсутствие изнуряющей жары, что благоприятно сказалось на развитии сельскохозяйственных культур.

По всем декадам августа количество осадков превышало многолетнюю норму в 1,3 раза в первой и третьей декадах и в 4,2 раза во второй декаде. Среднее количество осадков – 71,3 мм, что в 2 раза больше среднегодовых значений.

По температуре воздуха в августе больших расхождений с многолетними данными не отмечено (17,6 и 18,9 °С соответственно), но прохладная погода второй и третьей декады наряду с большим количеством осадков способствовала развитию мощной вегетативной массы сельскохозяйственных культур, что, конечно же, затянуло вегетацию и осложнило уборку.

Результаты (Results)

В 2024 году наблюдались нетипичные климатические условия, включая избыток осадков в августе (+36,3 мм к норме) и июне (+16,8 мм), а также пониженные температурные показатели в мае (на 2,6 °С ниже многолетней нормы). Эти аномалии оказали существенное влияние на динамику роста и развития льна масличного. Пониженные температуры в начале вегетации замедлили прорастание и появление всходов у ряда позднеспелых сортов, в то время как обильные осадки в июне способствовали формированию мощной вегетативной массы. Однако переувлажнение почвы в августе привело к затягиванию сроков созревания и затруднениям при уборке. Все эти климатические особенности были учтены при анализе фенологических фаз и

оценке адаптационного потенциала исследуемых сортообразцов.

В коллекционном питомнике выделены сорта с высокой масличностью (до 45,2 %) и урожайностью (до 15,7 ц/га). Сорта Исток, Еруслан, Метелица, Алтын и С 5402 (Satte) показали лучшие агрономические показатели.

Сокращение вегетационного периода наблюдалось у сортов Легур, Scorpio, Даник, что является преимуществом в условиях засушливого лета.

Фенологические наблюдения в коллекционном питомнике ТОО «СХОС Заречное» в 2024 году охватывали основные этапы онтогенеза льна масличного: всходы, фазу «елочки», бутонизацию, цветение и желтую спелость. Данные представлены для более чем 50 сортообразцов и позволяют оценить продолжительность вегетационного периода и адаптацию к условиям региона.

Всходы большинства сортов наблюдались в промежутке между 25 мая и 29 мая, при этом ранние всходы (25–26 мая) зафиксированы у сортов Алтын (st.), Костанайский-5, Истру, Илим, Taurus, Канадский, Линол.

Это указывает на хорошую адаптацию данных образцов к прохладным погодным условиям мая и устойчивость к стартовым температурным стрессам.

Сорта, появившиеся позже (после 14 июня), как, например, Алтын (повторно), Анторес, Agatha, Флиз и Нилин, продемонстрировали удлиненный период прорастания, связанный с поздним посевом или погодными задержками. Это потенциально увеличивает риск невызревания при неблагоприятной погоде в конце вегетации.

Фаза бутонизации, как правило, начиналась через 10–15 дней после появления всходов. Наиболее раннее начало бутонизации отмечено у сортов Scorpio (09.06), Даник (09.06), Agata (22.06).

Это может указывать на скороспелость и потенциал для механизированного выращивания в засушливых районах.

Фаза массового цветения у большинства сортов пришлась на первую декаду июля. Сорта, начавшие цветение до 01 июля (Исток, Еруслан, Гугег, Крокус), продемонстрировали синхронное развитие и потенциально более высокую устойчивость к стрессам цветения (засуха, жара, вредители).

Сроки наступления желтой спелости у большинства сортов варьировали от 16 по 25 августа. Однако ряд образцов продемонстрировал более раннее созревание (до 15–18 августа), что особенно важно для Костанайской области, где уборка в сентябре сопряжена с высокими агрономическими рисками.

Образцы с более поздним сроком созревания Нилин, Северный, Bingo, Agatha (до 10.09) потенциально рискуют не вызреть полностью при позднем наступлении осеннего похолодания и избыточной влаги в сентябре.

Таблица 2

**Основные хозяйственные признаки выделившихся сортообразцов льна масличного
в коллекционном питомнике, 2024 г.**

Сортообразец	Вегетационный период, суток	Масличность, %	Урожайность, ц/га	Масса 1000 семян, г
Алтын, st.	83	40,6	15,1	6,2
Костанайский-5	83	38,0	15,9	6,0
Славячил	84	40,5	14,8	6,1
Илим	83	38,6	14,7	5,9
Истру	83	37,0	14,0	6,0
Gureg	84	40,0	15,1	5,9
Taurus	83	30,0	15,0	6,0
Крокус	83	39,1	15,2	5,8
Ручеек	83	37,7	14,5	6,0
Valita	84	40,0	14,8	6,1
Серпент	84	37,7	14,6	5,7
Карабалыкский 7	83	35,0	14,2	5,6
Триумф	84	35,1	14,0	5,8
Кинельский 2000	84	35,8	14,6	6,0
Бизон	84	36,8	15,1	6,1
Метелица	84	43,0	15,3	5,9
Канадский	83	39,2	15,1	6,0
Легур	82	39,2	15,4	5,9
Палтин	83	39,0	15,1	6,1
Scoglio	82	39,5	14,9	5,8
Еруслан	83	45,1	15,5	6,1
Исток	83	45,2	15,1	6,0
Фрунзенец	84	42,0	14,8	5,9
Rinota	83	37,0	14,7	5,8
Даник	82	38,0	15,1	6,0
ВНИИМК 620	82	36,8	14,3	5,6
Сокол	84	42,0	14,9	6,1
Лиол	83	35,5	14,3	5,6
Алтын	83	42,0	15,6	6,5
Исилькульский	85	36,8	14,5	5,6
Анторес	84	39,2	15,1	6,0
Флиз	85	37,6	14,8	5,9
Костанайский-11	84	41,0	15,5	6,4
Ильич	83	39,2	15,0	6,0
Осеян	84	38,6	15,1	6,4
Улан	84	41,0	15,4	6,0
Кустанайский янтарь	84	41,0	15,4	6,1
Сибирская 38854	85	39,0	15,0	6,0
Сюрприз	82	42,1	15,1	6,5
Салют	83	39,0	15,1	6,3
Небесный	84	32,2	14,1	5,3
Опус	84	37,0	14,8	5,9
Нилин	84	38,8	15,0	5,8
Желтый	83	41,0	14,9	6,0
Lirina	85	37,2	14,8	5,9
Северный	85	40,0	15,3	5,9
Радуга	85	34,0	14,3	6,0
Айсберг	83	36,1	15,0	5,8
Брестский	82	41,0	15,6	6,0
Сибирская 38384	84	38,5	15,1	6,5
Bingo	85	37,5	15,2	6,0
Libra	84	36,8	15,0	6,2
Светлячок (Бараева)	83	26,8	13,8	5,7
Agata	82	38,0	15,0	5,9
Agatha	85	39,5	15,3	5,9
Бирюза	82	40,0	15,5	5,9
С 5402 (Satte)	83	42,0	15,7	6,5
Казар	83	40,0	15,1	6,5

Table 2

Main agronomic traits of selected oilseed flax lines in the collection nursery, 2024

Variety sample	Growing season, days	Oil content, %	Yield, c/ha	Weight of 1000 seeds, g
<i>Altyn, st.</i>	83	40.6	15.1	6.2
<i>Kostanayskiy-5</i>	83	38.0	15.9	6.0
<i>Slavyachil</i>	84	40.5	14.8	6.1
<i>Ilim</i>	83	38.6	14.7	5.9
<i>Istra</i>	83	37.0	14.0	6.0
<i>Gyreg</i>	84	40.0	15.1	5.9
<i>Taurus</i>	83	30.0	15.0	6.0
<i>Krokus</i>	83	39.1	15.2	5.8
<i>Rucheech</i>	83	37.7	14.5	6.0
<i>Valita</i>	84	40.0	14.8	6.1
<i>Serpent</i>	84	37.7	14.6	5.7
<i>Karabalykskiy 7</i>	83	35.0	14.2	5.6
<i>Triumph</i>	84	35.1	14.0	5.8
<i>Kinel'skiy 2000</i>	84	35.8	14.6	6.0
<i>Bizon</i>	84	36.8	15.1	6.1
<i>Metelitsa</i>	84	43.0	15.3	5.9
<i>Kanadskiy</i>	83	39.2	15.1	6.0
<i>Legur</i>	82	39.2	15.4	5.9
<i>Paltin</i>	83	39.0	15.1	6.1
<i>Scorpio</i>	82	39.5	14.9	5.8
<i>Yeruslan</i>	83	45.1	15.5	6.1
<i>Istok</i>	83	45.2	15.1	6.0
<i>Frunzenets</i>	84	42.0	14.8	5.9
<i>Rinota</i>	83	37.0	14.7	5.8
<i>Danik</i>	82	38.0	15.1	6.0
<i>VNIIMK 620</i>	82	36.8	14.3	5.6
<i>Sokol</i>	84	42.0	14.9	6.1
<i>Linol</i>	83	35.5	14.3	5.6
<i>Altyn</i>	83	42.0	15.6	6.5
<i>Isil'kul'skiy</i>	85	36.8	14.5	5.6
<i>Antores</i>	84	39.2	15.1	6.0
<i>Fliz</i>	85	37.6	14.8	5.9
<i>Kostanayskiy-11</i>	84	41.0	15.5	6.4
<i>Il'ich</i>	83	39.2	15.0	6.0
<i>Oseyan</i>	84	38.6	15.1	6.4
<i>Ulan</i>	84	41.0	15.4	6.0
<i>Kustanayskiy yantar'</i>	84	41.0	15.4	6.1
<i>Sibirskaya 38854</i>	85	39.0	15.0	6.0
<i>Syurpriz</i>	82	42.1	15.1	6.5
<i>Salyut</i>	83	39.0	15.1	6.3
<i>Nebesnyy</i>	84	32.2	14.1	5.3
<i>Opus</i>	84	37.0	14.8	5.9
<i>Nilin</i>	84	38.8	15.0	5.8
<i>Zheltyy</i>	83	41.0	14.9	6.0
<i>Lirina</i>	85	37.2	14.8	5.9
<i>Severnnyy</i>	85	40.0	15.3	5.9
<i>Raduga</i>	85	34.0	14.3	6.0
<i>Aysberg</i>	83	36.1	15.0	5.8
<i>Brestskiy</i>	82	41.0	15.6	6.0
<i>Sibirskaya 38384</i>	84	38.5	15.1	6.5
<i>Bingo</i>	85	37.5	15.2	6.0
<i>Libra</i>	84	36.8	15.0	6.2
<i>Svetlyachok (Barayeva)</i>	83	26.8	13.8	5.7
<i>Agata</i>	82	38.0	15.0	5.9
<i>Agatha</i>	85	39.5	15.3	5.9
<i>Biryuza</i>	82	40.0	15.5	5.9
<i>C 5402 (Satte)</i>	83	42.0	15.7	6.5
<i>Kazar</i>	83	40.0	15.1	6.5

Таблица 3

Фенологические наблюдения за фазами развития льна масличного, коллекционный питомник 2024 г.

Сортообразец	Всходы		Фаза елочки		Фаза бутонизации		Фаза цветение		Фаза желтой спелости		Вегетационный период, сут.
	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Алтын, st.	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Костанайский-5	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Славячил	27.05	30.05	07.06	10.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Илим	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Истра	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Gyreg	27.05	30.05	07.06	10.06	25.06	08.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Taurus	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Крокус	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	25.05	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Ручеек	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	25.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Valita	29.05	02.05	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Серпент	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Карабалыкский 7	29.05	02.06	11.06	15.06	26.06	29.06	07.07	10.07	21.08	24.08	83
Триумф	29.05	02.06	11.06	15.06	27.06	30.06	08.07	11.07	22.08	25.08	84
Кимельский 2000	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Бизон	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Метелица	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Канадский	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Легур	29.05	01.06	09.06	12.06	26.06	29.06	04.07	07.07	19.08	22.08	82
Палтин	29.05	01.06	09.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	20.08	23.08	83
Scorpio	27.05	30.05	09.06	11.06	24.06	27.06	02.07	05.07	17.08	20.08	82
Еруслан	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	25.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Исток	25.05	28.05	05.06	08.06	21.06	24.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Фрунзенец	27.05	30.05	08.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Rinota	26.05	29.05	08.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	17.08	20.08	83
Даник	27.05	30.05	09.06	11.06	24.06	27.06	02.07	05.07	17.08	20.08	82
ВНИИМК 620	27.05	30.05	09.06	11.06	24.06	27.06	02.07	05.07	17.08	20.08	82
Сокол	27.05	30.05	08.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Линол	25.05	28.05	05.06	08.06	21.06	24.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Алтын	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	05.09	08.09	83
Исилькульский	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Анторес	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Флиз	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Костанайский-11	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Ильич	25.05	28.05	05.06	08.06	21.06	24.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Осеян	29.06	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Улан	29.06	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Кустанайский янтарь	25.05	28.05	06.06	09.06	27.06	30.06	05.07	08.07	17.08	20.08	84
Сибирская 38854	25.05	28.05	06.06	09.06	27.06	30.06	05.07	08.07	18.08	21.08	85
Сюрприз	27.05	30.05	08.06	11.06	25.06	28.06	03.07	06.07	17.08	20.08	82
Салют	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Небесный	27.05	30.05	08.06	11.06	25.06	29.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Опус	25.05	28.05	06.06	09.06	27.06	30.06	05.07	08.07	17.08	20.08	84
Нилин	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Желтый	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.09	19.08	83
Lirina	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Северный	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Радуга	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Айсберг	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Брестский	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	18.08	82
Сибирская 38384	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Bingo	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Libra	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Светлячок (Бараева)	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Agata	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	26.06	30.06	03.07	15.08	18.08	82
Agatha	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Бирюза	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	26.06	30.06	03.07	15.08	18.08	82
С 5402 (Satte)	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
St.	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83

Table 3

Phenological observations of oilseed flax developmental stages, collection nursery, 2024

Variety sample	Shoots		The herringbone phase		The budding phase		The flowering phase		The yellow ripeness phase		Growing season, days
	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altyn, st.	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Kostanayskiy-5	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Slavyachil	27.05	30.05	07.06	10.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Ilim	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Istra	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Gyreg	27.05	30.05	07.06	10.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Taurus	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Krokus	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	25.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Ruchek	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	25.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Valita	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Serpent	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Karabalykskiy 7	29.05	02.06	11.06	15.06	26.06	29.06	07.07	10.07	21.08	24.08	83
Triumph	29.05	02.06	11.06	15.06	27.06	30.06	08.07	11.07	22.08	25.08	84
Kinel'skiy 2000	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Bizon	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Metelitsa	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Kanadskiy	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Legur	29.05	01.06	09.06	12.06	26.06	29.06	04.07	07.07	19.08	22.08	82
Paltin	29.05	01.06	09.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	20.08	23.08	83
Scorpio	27.05	30.05	09.06	11.06	24.06	27.06	02.07	05.07	17.08	20.08	82
Yeruslan	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	25.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Istok	25.05	28.05	05.06	08.06	21.06	24.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Frunzenets	27.05	30.05	08.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Rinota	26.05	29.05	08.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	17.08	20.08	83
Danik	27.05	30.05	09.06	11.06	24.06	27.06	02.07	05.07	17.08	20.08	82
VNIIMK 620	27.05	30.05	09.06	11.06	24.06	27.06	02.07	05.07	17.08	20.08	82
Sokol	27.05	30.05	08.06	12.06	25.06	28.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Linol	25.05	28.05	05.06	08.06	21.06	24.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Altyn	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	05.09	08.09	83
Isil'kul'skiy	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Antores	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Fliz	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Kostanayskiy-11	29.05	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Il'ich	25.05	28.05	05.06	08.06	21.06	24.06	30.06	03.07	16.08	19.08	83
Oseyan	29.06	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Ulan	29.06	02.06	11.06	14.06	28.06	02.07	09.07	12.07	22.08	25.08	84
Kustanayskiy yantar'	25.05	28.05	06.06	09.06	27.06	30.06	05.07	08.07	17.08	20.08	84
Sibirskaya 38854	25.05	28.05	06.06	09.06	27.06	30.06	05.07	08.07	18.08	21.08	85
Syurpriz	27.05	30.05	08.06	11.06	25.06	28.06	03.07	06.07	17.08	20.08	82
Salyut	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Nebesnyy	27.05	30.05	08.06	11.06	25.06	29.06	04.07	07.07	19.08	22.08	84
Opus	25.05	28.05	06.06	09.06	27.06	30.06	05.07	08.07	17.08	20.08	84
Nilin	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Zheltyy	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.09	19.08	83
Lirina	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Severnyy	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Raduga	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Aysberg	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Brestskiy	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	18.08	82
Sibirskaya 38384	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Bingo	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Libra	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	06.09	09.09	84
Svetlyachok (Barayeva)	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
Agata	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	26.06	30.06	03.07	15.08	18.08	82
Agatha	14.06	17.06	25.06	28.06	11.07	14.07	22.07	25.07	07.09	10.09	85
Biryuza	25.05	28.05	05.06	08.06	22.06	26.06	30.06	03.07	15.08	18.08	82
C 5402 (Satte)	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83
St.	25.05	28.05	05.06	08.06	23.06	26.06	01.07	04.07	16.08	19.08	83

Результаты проведенного исследования имеют значительный потенциал практического применения в условиях Северного Казахстана. Перспективные сортообразцы льна масличного, отобранные по совокупности признаков (высокая масличность, урожайность, устойчивость к засухе, сокращенный вегетационный период), могут быть рекомендованы не только для дальнейшего размножения, но и для включения в государственный сортовой реестр с целью их масштабного внедрения в аграрное производство.

Особую ценность представляют сорта с коротким вегетационным периодом (82–84 суток), что позволяет успешно завершать уборочную кампанию до наступления неблагоприятных погодных условий. В условиях риска осеннего переувлажнения и похолоданий это имеет критическое значение для сохранения качества продукции.

Также результаты позволяют оптимизировать стратегии семеноводства. Отбор скороспелых и засухоустойчивых сортов обеспечивает стабильное семенное производство даже в экстремальные годы, тем самым снижая зависимость от погодных факторов и сокращая затраты на средства защиты растений.

Полученные данные являются основой для формирования адаптивных селекционных программ, ориентированных на создание новых сортов, устойчивых к абиотическим стрессам. Использование таких образцов как доноров в гибридизации усилит генетическую устойчивость будущих сортов.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Изучение и развитие льноводства в Костанайской области открывает значительные перспективы для региона. Лен масличный – это культура, способная обеспечить как высокую экономическую отдачу, так и положительное влияние на экосистему. С учетом растущего спроса на экологически чистую продукцию активное внедрение современных агротехнологий и расширение экспортных рынков помогут Костанайской области укрепить свои позиции в агропромышленном секторе Казахстана и выйти на новые международные рынки.

Проведенные исследования подтвердили высокую адаптивность ряда сортов льна к климатическим условиям Северного Казахстана. Особенно перспективны сорта Исток, Еруслан, Метелица, С 5402 (Satte), отличающиеся сочетанием высокой масличности, урожайности и короткого вегетационного периода. Эти сорта могут быть рекомендованы к включению в селекционные программы и использованию в качестве родительских форм при гибридизации.

В условиях изменения климата и учащающихся погодных стрессов такие характеристики, как раннеспелость и засухоустойчивость, становятся решающими. Выявленные в коллекционном питомнике образцы с коротким вегетационным периодом и устойчивостью к засухе обеспечивают стабильное получение продукции и позволяют эффективно планировать агротехнические мероприятия.

Полученные результаты свидетельствуют о важности и своевременности изучения генофонда льна для повышения продуктивности отрасли в целом и способствуют научному обоснованию селекционной работы на региональном уровне.

Анализ результатов указывает на то, что селекция льна масличного в условиях Северного Казахстана должна ориентироваться на сочетание таких признаков, как масличность выше 40 %, урожайность не ниже 15 ц/га и укороченный вегетационный период. Именно эти критерии обеспечивают конкурентоспособность культуры в изменяющемся климате.

Примером служат сорта Исток и Еруслан, которые, помимо высокой масличности, демонстрируют устойчивость к ранним весенним заморозкам и жарким июльским периодам, что делает их особенно актуальными в условиях климатической нестабильности. Такие сорта становятся опорными формами для адаптивной селекции.

Кроме того, выявленные сорта могут быть использованы в проектах по биологизации земледелия. Лен как культура с мощной корневой системой способствует улучшению структуры почвы и накоплению органического вещества, а значит, повышает устойчивость агроценозов.

Библиографический список

1. Рожмина Т. А., Жученко А. А., Рожмина Н. Ю., Киселева Т. С., Герасимова Е. Г. Новые источники селекционно-значимых признаков льна, адаптивные к условиям Центрального Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 50–55.
2. Рожмина Т. А., Жученко-мл. А. А., Мельникова Н. В., Смирнова А. Д. Устойчивость образцов генофонда льна к эдафическому стрессу, вызванному пониженной кислотностью // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21, № 2. С. 133–140.
3. Привалов Ф. И., Гриб С. И., Матыс И. С. Генетические ресурсы национального банка семян – основа селекции сельскохозяйственных растений в Беларуси // Земледелие и селекция в Беларуси. 2020. № 56. С. 276–283.
4. Симонова Н. А. Адаптивность сортов льна масличного в условиях Средней полосы России // Аграрная наука. 2023. № 5. С. 34–38.

5. Захарова Е. С., Кондратьева И. Ю. Оценка генетического разнообразия коллекции льна методом ISSR-анализов // Генетика. 2022. Т. 58, № 2. С. 123–131.
6. Потапов Д. А. Селекция льна на устойчивость к абиотическим стрессам // Вестник аграрной науки. 2021. № 4. С. 27–31.
7. Martínez M., Rubio J., Molina R. V. Genotypic evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) for drought tolerance and seed oil content // Plants. 2022. Vol. 11, No. 6. Article number 775. DOI: 10.3390/plants11060775.
8. Xiao X., Xu X., Zheng H. Genome-wide association study identifies candidate genes for seed yield and oil traits in flax (*Linum usitatissimum*) // BMC Plant Biology. 2023. Vol. 23. Article number 98. DOI: 10.1186/s12870-023-04167-w.
9. Sankari H. S., Niemelä M., Mäkinen S. Assessment of oil yield and fatty acid composition in oilseed flax under Nordic conditions // Industrial Crops and Products. 2021. Vol. 163. Article number 113282. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113282.
10. Ахметова А. Р., Бекенов А. С. Влияние агротехники на урожайность и качество семян льна масличного в условиях Северного Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2021. № 6. С. 82–87.
11. Жамалова Д. Б., Тулкубаева С. А., Васин В. Г. Продуктивность льна масличного в зависимости от применения регуляторов роста в Северном Казахстане // Нива Поволжья. 2020. № 3. С. 79–85.
12. Ергазина Д. С., Тыныспаева Б. И., Агибаева З. К. Оценка сортов льна масличного по хозяйственно-ценным признакам в Костанайской области // Труды КазНИИ земледелия и растениеводства. 2022. № 1 (101). С. 45–51.
13. Иванова М. Ю., Сазонов С. С. Особенности роста и развития льна в условиях Центрального региона // Аграрная наука Евразии. 2023. № 3. С. 63–67.
14. Шамсутдинов З. Ш., Камалова Д. Ф. Технологии возделывания льна в засушливых условиях // Земледелие. 2021. № 2. С. 34–39.
15. Ахметов Н. А., Султанов Р. М. Биохимический состав семян льна и его изменение в зависимости от сортовых и погодных условий // Агробиология. 2023. № 1. С. 51–57.
16. Daminova G., Ermatova N., Kholkhujeva D. Phenotypic variability in oil content and yield of flax genotypes under arid conditions // Journal of Crop Science and Biotechnology. 2022. Vol. 25, No. 4. Pp. 341–348.
17. Ozturk M., Hussain I., Altay V. Oilseed flax responses to combined abiotic stress: physiological and molecular aspects // Environmental and Experimental Botany. 2020. Vol. 177. Article 104122. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2020.104122.

Об авторах:

Динара Сардарбековна Ергазина, магистр технических наук, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция „Заречное“», с. Заречное, Костанайская область, Республика Казахстан; ORCID 0000-0003-0555-5649. *E-mail: tomi10@mail.ru*

Динара Булатовна Жамалова, кандидат сельскохозяйственных наук, доктор PhD, ассистент профессора кафедры агрономии, НАО Костанайский региональный университет имени Ахмета Байтурсынова, Костанай, Республика Казахстан; ORCID 0000-0003-2281-4817. *E-mail: dinarazhamalova25@mail.ru*

Бахыткуль Исенжоловна Тыныспаева, старший научный сотрудник, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция „Заречное“», с. Заречное, Костанайская область, Республика Казахстан; ORCID 0000-0001-9021-4085. *E-mail: tynyspayeva1966@mail.ru*

Алена Валериевна Зинченко, магистр сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция „Заречное“», с. Заречное, Костанайская область, Республика Казахстан; ORCID 0000-0001-5681-7368. *E-mail: sznpz@mail.ru*

Зинагуль Каиржановна Агибаева, старший научный сотрудник, ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция „Заречное“», с. Заречное, Костанайская область, Республика Казахстан; ORCID 0009-0006-0472-4374. *E-mail: azk1971@list.ru*

References

1. Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A., Rozhmina N. Yu., Kiseleva T. S., Gerasimova E. G. New sources of selection-significant flax traits, adaptive to the conditions of the Central Non-Chernozem region. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2020; 34 (8): 50–55. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10808. (In Russ.)
2. Rozhmina T. A., Zhuchenko Jr. A. A., Melnikova N. V., Smirnova A. D. Resistance of flax gene pool samples to edaphic stress caused by low acidity. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020; 21 (2): 133–140. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.133-140. (In Russ.)

3. Privalov F. I., Grib S. I., Matys I. S. Genetic resources of the national seed bank – the basis of agricultural plant breeding in Belarus. *Arable Farming and Plant Breeding in Belarus*. 2020; 56: 276–283. (In Russ.)
4. Simonova N. A. Adaptivity of oilseed flax varieties in the conditions of the Middle zone of Russia. *Agrarian Science*, 2023; 5: 34–38. (In Russ.)
5. Zakharova E. S., Kondratieva I. Yu. Assessment of the genetic diversity of the flax collection by ISSR analysis. *Genetics*. 2022; 58 (2): 123–131. (In Russ.)
6. Potapov D. A. Flax breeding for resistance to abiotic stresses. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021; 4: 27–31. (In Russ.)
7. Martínez M., Rubio J., Molina R. V. Genotypic evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) for drought tolerance and seed oil content. *Plants*. 2022; 11 (6): 775. DOI: 10.3390/plants11060775.
8. Xiao X., Xu X., Zheng H. Genome-wide association study identifies candidate genes for seed yield and oil traits in flax (*Linum usitatissimum*). *BMC Plant Biology*. 2023; 23: 98. DOI: 10.1186/s12870-023-04167-w.
9. Sankari H. S., Niemelä M., Mäkinen S. Assessment of oil yield and fatty acid composition in oilseed flax under Nordic conditions. *Industrial Crops and Products*. 2021; 163: 113282. DOI: 10.1016/j.indcrop.2021.113282.
11. Akhmetova A. R., Bekenov A. S. The influence of agricultural technology on the yield and quality of oilseed flax seeds in Northern Kazakhstan. *Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan*. 2021; 6: 82–87. (In Russ.)
12. Zhamalova D. B., Tulkubayeva S. A., Vasin V. G. Productivity of oilseed flax depending on the use of growth regulators in Northern Kazakhstan. *Niva of the Volga region*. 2020; 3: 79–85. (In Russ.)
13. Ergazina D. S., Tynyspaeva B. I., Agibayeva Z. K. Evaluation of oilseed flax varieties according to economically valuable characteristics in the Kostanay region. *Proceedings of the KazNII of Agriculture and Crop Production*, 2022, 1 (101): 45–51. (In Russ.)
14. Ivanova M. Yu., Sazonov S. S. Features of flax growth and development in the conditions of the Central region. *Agrarian Science of Eurasia*, 2023; 3: 63–67. (In Russ.)
15. Shamsutdinov Z. Sh., Kamalova D. F. Flax cultivation technologies in arid conditions. *Agriculture*, 2021 2: 34–39. (In Russ.)
16. Akhmetov N. A., Sultanov R. M. Biochemical composition of flax seeds and its change depending on varietal and weather conditions. *Agrobiology*. 2023; 1: 51–57. (In Russ.)
17. Daminova G., Ermatova N., Kholkhujayeva D. Phenotypic variability in oil content and yield of flax genotypes under arid conditions. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 2022; 25 (4): 341–348. DOI: 10.1007/s12892-025-00299-y.
18. Ozturk M., Hussain I., Altay V. Oilseed flax responses to combined abiotic stress: physiological and molecular aspects. *Environmental and Experimental Botany*. 2020; 177: 104122. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2020.104122.

Authors' information:

Dinara S. Ergazina, master of technical sciences, Agricultural experimental station “Zarechnoe” LLP, Zarechnoe village, Kostanay region, Republic of Kazakhstan; ORCID 0000-0003-0555-5649. *E-mail: tomi10@mail.ru*

Dinara B. Zhamalova, candidate of agricultural sciences, PhD, assistant professor of the department of agronomy, Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly CJSC, Kostanay, Republic of Kazakhstan; ORCID 0000-0003-2281-4817. *E-mail: dinarazhamalova25@mail.ru*

Bakhytkul I. Tynyspaeva, senior researcher, Agricultural experimental station “Zarechnoe” LLP, Zarechnoe village, Kostanay region, Republic of Kazakhstan; ORCID 0000-0001-9021-4085.

E-mail: tynyspayeva1966@mail.ru

Alena V. Zinchenko, head of the laboratory, master of agricultural sciences, Agricultural experimental station “Zarechnoe” LLP, Zarechnoe village, Kostanay region, Republic of Kazakhstan; ORCID 0000-0001-5681-7368.

E-mail: sznpz@mail.ru

Zinagul K. Agibaeva, senior researcher, Agricultural experimental station “Zarechnoe” LLP, Zarechnoe village, Kostanay region, Republic of Kazakhstan; ORCID 0009-0006-0472-4374. *E-mail: azk1971@list.ru*

Комплексное изучение коллекции тетраплоидной озимой ржи и выделение источников ценных признаков для селекции в условиях Западной Сибири

Н. Н. Ермошкина[✉], П. И. Степочкин

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», п. Краснообск, Новосибирская область, Россия

[✉]E-mail: natali.erm@bk.ru

Аннотация. Исследование направлено на изучение хозяйственных признаков коллекционных образцов тетраплоидной ржи и выделение источников ценных признаков для создания новых высокопродуктивных сортов. **Цель исследования** состояла в том, чтобы выделить источники хозяйственно ценных признаков из сортообразцов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения в условиях Западно-Сибирского региона. **Материалы и методы исследования.** Материалом для проведения исследований служили 33 коллекционных сортообразца тетраплоидной озимой ржи. Стандартный сорт – Тетра короткая. Изучение ржи ведется по общепринятым методикам. **По результатам** комплексного изучения хозяйственно ценных признаков коллекционных сортообразцов озимой ржи выделены источники признаков, представляющие интерес для дальнейшей селекции: по зимостойкости – на уровне 4,6 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Пламя, Зазерская 3, Игуменская 78); по высоте растений 132,4–140,0 см и устойчивости к полеганию – 4,5–5,0 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская Н1, Белая вежа, Искра, Игуменская 78, Дружина); по урожайности – 797,3–803,1 г/м² (Тетра короткая, Влада); по продуктивной кустистости – 4,3 шт. (Тетра короткая); по продуктивности колоса: длина колоса – 13,1–14,3 см; озерненность колоса – 81,5–85,4 %, масса зерна с колоса – 2,64–2,78 г, с растения – 8,59–8,89 г. (Тетра короткая, Влада, Полновесная, Пламя, Искра, Рокот 95, Игуменская 78); по качеству зерна: масса 1000 зерен – 55,6–55,9 г, натура зерна – 679,3–700,0 г/л, число падения – 201,0 с) (Тетра короткая, Игуменская Н1, Дубинская, Искра). **Научная новизна** заключается в изучении коллекции тетраплоидной озимой ржи и выявлении источников по основным хозяйственно ценным признакам. К наиболее перспективным образцам по комплексу признаков относятся Тетра короткая, Влада, Рокот 95, Полновесная, Игуменская 78 и Игуменская Н1.

Ключевые слова: озимая рожь, коллекция, источник, зимостойкость, устойчивость к полеганию, урожайность, продуктивность

Для цитирования: Ермошкина Н. Н., Степочкин П. И. Комплексное изучение коллекции тетраплоидной озимой ржи и выделение источников ценных признаков для селекции в условиях Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1188–1198. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1188-1198>.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания ИЦиГ СО РАН по проекту № FWNR-2022-0018 «Разработка и практическое использование способов управления процессом создания генотипов культурных растений, обладающих высоким потенциалом продуктивности, устойчивости к природным стрессам и качества получаемой продукции, адаптированных к агроклиматическим условиям сибирского региона». Авторы выражают глубокую благодарность бывшему сотруднику СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН кандидату биологических наук Г. В. Артемовой за помощь в работе.

Дата поступления статьи: 13.01.2025, **дата рецензирования:** 16.03.2025, **дата принятия:** 07.05.2025.

A comprehensive study of the tetraploid winter rye collection and the identification of sources of valuable traits for breeding in Western Siberia

N. N. Ermoshkina✉, P. I. Stepochkin

Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia

✉E-mail: natali.erm@bk.ru

Abstract. The research is aimed at studying the economic characteristics of collectible samples of tetraploid rye and identifying sources of valuable characteristics for the creation of new highly productive varieties. **The purpose** of the study was to identify sources of economically valuable traits from varieties of tetraploid winter rye of various ecological and geographical origin in the conditions of the West Siberian region. **Materials and methods of research.** The material for the research was 33 collectible varieties of tetraploid winter rye. The standard variety is a short Tetra. The study of rye is conducted according to generally accepted methods. According to **the results** of a comprehensive study of economically valuable signs of collectible varieties of winter rye, sources of signs of interest for further breeding were identified: winter hardiness at the level of 4.6 points (Tetra korotkaya, Vlada, Sibir 4, Rokot 95, Plamya, Zazerskaya 3, Igumenskaya 78); plant height 132.4–140.0 cm and resistance to lodging 4.5–5.0 points (Tetra korotkaya, Vlada, Sibir 4, Rokot 95, Igumenskaya Hl, Belaya vezha, Iskra, Igumenskaya 78, Druzhina); yield 797.3–803.1 g/m² (Tetra korotkaya, Vlada); by productive bushiness 4.3 pcs. (Tetra korotkaya); by ear productivity (ear length 13.1–14.3 cm; ear lake 81.5–85.4 %, grain weight from ear 2.64–2.78 g and from plant 8.59–8.89 g) (Tetra korotkaya, Vlada, Polnovesnaya, Plamya, Iskra, Rokot 95, Igumenskaya 78); grain quality (weight of 1000 grains 55.6–55.9 g, grain size 679.3–700.0 g/l, falling number 201.0 s) (Tetra korotkaya, Igumenskaya Hl, Dubinskaya, Iskra). **The scientific novelty** lies in the study of the collection of tetraploid winter rye and the identification of sources according to the main economically valuable characteristics. The most promising samples according to the complex of characteristics include: Tetra korotkaya, Vlada, Rokot 95, Polnovesnaya, Igumenskaya 78 and Igumenskaya Hl.

Keywords: winter rye, collection, source, winter hardiness, lodging resistance, yield, productivity

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state task of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences under the project No. FWNr-2022-0018 “Development and practical use of methods for managing the process of creating genotypes of cultivated plants with a high potential for productivity, resistance to natural stresses and quality of the products obtained, adapted to the agro-climatic conditions of the Siberian region”. The authors express their deep gratitude to the former employee of Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, candidate of biological sciences G. V. Artemova for her help in the work.

For citation: Ermoshkina N. N., Stepochkin P. I. Comprehensive study of the tetraploid winter rye collection and identification of sources of valuable traits for breeding in Western Siberia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1188–1198. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1188-1198>. (In Russ.)

Date of paper submission: 13.01.2025, **date of review:** 16.03.2025, **date of acceptance:** 07.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Рожь (*Secale cereale* L.) является надежной традиционной зерновой культурой, обладающей высокой зимостойкостью и урожайностью в разных условиях произрастания. Основными производителями зерна ржи являются страны Европейского союза, Россия, Беларусь и Украина [1; 2]. В агроклиматических условиях северной зоны России рожь относится к числу основных зерновых культур.

За 2024 год в России, по данным Росстата, площадь возделывания озимой ржи составила 668 тыс. га. По сравнению с 2023 годом этот показатель сократился на 19,8 %. В Сибирском федеральном округе занимаемая под рожь площадь – 49,4 тыс. га. В государственный реестр селекционных достижений для Сибирского федерального округа допущено к использованию 29 сортов ржи. Основная доля сортов ржи, включенных в государственный реестр,

приходится на диплоидные сорта, и только четыре сорта – на тетраплоидные [3; 4]. Среди всех сортов ржи наиболее распространенными являются два высокопродуктивных сорта тетраплоидной ржи Тетра короткая и Влада, созданные Сибирским научно-исследовательским институтом растениеводства и селекции – филиалом ИЦиГ СО РАН (СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН), которые занимают более 80 % возделываемых площадей в Новосибирской области. По данным Россельхозцентра РФ, наиболее популярным сортом ржи является тетраплоидный сорт Тетра короткая, который ежегодно входит в рейтинг 10 сортов – лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в Российской Федерации [5]. В 2021 году сорт Влада также оказался в числе десяти самых популярных сортов ржи по объемам посева в стране [6]. В селекционной работе при создании новых тетраплоидных форм ржи используются различные методы. Наиболее распространенным и широко применяемым способом является удвоение числа хромосом растений диплоидной ржи при обработке водным раствором колхицина или закисью азота [7]. Также сорта можно получить путем гибридизации образцов ржи разного эколого-географического происхождения. Отличительными особенностями тетраплоидных форм ржи являются высокая урожайность, крупное зерно и более прочная соломина. Поэтому важная задача селекции – расширение рабочей коллекции тетраплоидной озимой ржи для выявления источников ценных признаков, таких как зимостойкость, неполегаяемость и продуктивность. Наиболее значимые коллекции ржи находятся в Санкт-Петербурге (Россия); Gatersleben (Германия); Radzików, Warszawa (Польша); Aberdeen, Idaho (США); Saskatoon, Saskatchewan (Канада); Sadovo (Болгария). Около 200 коллекционных образцов тетраплоидной ржи сосредоточено в крупнейшем геномном банке мира – Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (Россия) [8; 9]. Поэтому изучение образцов мировой коллекции ржи и выделение источников для различных направлений практической селекции приобретает большое значение. Создание и внедрение новых сортов тетраплоидной озимой ржи в производство позволит повысить экономическую эффективность и получить гарантированные семена с высокими посевными качествами. Целью исследования является выделение источников хозяйственно ценных признаков из коллекционных сортообразцов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения в агроклиматических условиях Западно-Сибирского региона.

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальная работа выполнена в 2015–2021 годах на опытных участках СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН (Новосибирская область).

Почва участка представлена черноземом выщелоченным среднесуглинистым мало гумусным среднесуглинистым, характеризующимся агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,2 %, общего азота – 0,34 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, pH – 6,7–6,8, глубина пахотного слоя – 41–46 см [10].

Материалом исследования служили 33 образца тетраплоидной озимой ржи, полученных из Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» и СибНИИРС – филиала ИЦиГ СО РАН Разнообразие коллекционных образцов представлено отечественной (Воронежская, Ленинградская, Московская, Омская и Новосибирская области) и зарубежной (Украина, Беларусь, Германия, Швеция, Венгрия, Испания) селекцией (таблица 1). В качестве стандарта использовали районированный сорт Тетра короткая.

В 2015–2018 годы проводилось размножение полученных коллекционных образцов тетраплоидной озимой ржи. В питомнике размножения коллекции проведен посев на двух рядках длиной 1 м. Перед цветением растения изолировали пергаментными групповыми изоляторами. Параллельно во время размножения коллекционных образцов ржи проведена оценка высоты растений сортообразцов тетраплоидной озимой ржи. Высокостебельные сортообразцы были исключены из дальнейшего изучения как неперспективные для использования в селекции устойчивых к полеганию сортов.

В 2018 году из коллекционного материала было отобрано 14 образцов тетраплоидной ржи для дальнейшего изучения селекционно ценных признаков: Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Дубинская, Полновесная, Пуховчанка, Игуменская Н1, Пламя, Зазерская 3, Белая вежа, Дружина, Искра, Игуменская 78. С 2018 по 2021 год проведено изучение по комплексу хозяйственно ценных признаков выделенных образцов ржи в коллекционном питомнике в соответствии с методикой изучения и сохранения мировой коллекции ржи [11]. Опыт закладывали в трехкратной повторности с площадью делянок 1 м² при норме высева 300 шт/м² в оптимальные сроки. Предшественник – черный пар.

Изучаемые образцы оценивались по 12 параметрам, определяющим важнейшие хозяйственно ценные признаки: зимостойкость, высота растений, устойчивость к полеганию, урожайность, продуктивная кустистость, длина колоса, озерненность колоса, масса зерна колоса, масса зерна растения, масса 1000 зерен, натура зерна, число падения. Зимостойкость определяли методом глазомерной оценки по 5-балльной шкале с точностью до 0,1 балла: 5 баллов – изреживание незаметно;

4 балла – сохранилось не менее 70–80 % растений; 3 балла – сохранилось около 50 % растений; 2 балла – сохранилось менее 50 % растений; 1 балл – сохранилось 15–20 % растений; 0 баллов – гибель посева. Полегание сортообразцов ржи оценивали во время уборки по 5-балльной шкале с точностью до 0,1 балла: 5 баллов – сорта совсем не полегающие; 4 балла – сорта, полегавшие, но выпрямившиеся и полегающие в слабой степени; 3 балла – сорта со средней степенью полегания; 2 балла – сильно полегающие сорта, машинная уборка которых затруднена; 1 балл – сорта, сильно полегающие задолго до уборки и непригодные для машинной уборки. Оценку по высоте растений ржи проводили по шкале: менее 110 см – низкостебельные (ультракарликовые, карликовые, полукарликовые); 110–149 см – короткостебельные (короткостебельные, полукороткостебельные); 150 см и более – высокостебельные (средневысокие и длинностебельные). Учет урожая и анализ его структуры выполняли в соответствии с методикой изучения и сохранения мировой коллекции ржи. Оценку качества зерна проводили согласно методикам национальных стандартов Российской Федерации и оборудования: массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89; натуру зерна – с помощью микропушки на 100 мл зерна по ГОСТ 10840-2017 и 16990-88; число падения – методом Хагберга – Пертена на приборе Falling Number 1400 по ГОСТ 30498-97.

Агрометеорологические условия по данным агрометеостанции «Отурцово» были контрастными в изучаемые годы, с периодическим отклонением от среднеголетних данных. Менее благоприятными были условия осеннего периода 2015 и 2017 годов: они отличались относительно непродолжительным периодом вегетации (сумма положительных температур 365 °С и 268 °С соответственно) с резкими перепадами температуры воздуха. Осенние периоды 2016, 2018, 2019, 2020 годов характеризуются как благоприятные, где сумма положительных температур варьировала от 384 °С до 417 °С. Погодные условия зимнего периода в изучаемые годы способствовали хорошей перезимовке ржи при высоте снежного покрова 50–68 см и температуре на глубине залегания узла кущения растений от –5 °С до –12 °С.

Проведен расчет уровня влагообеспеченности по значениям гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК). Условия вегетационного периода (май – июль) за время проведения опытов были контрастными по значениям ГТК. К оптимальным по уровню влагообеспечения можно отнести 2017, 2018, 2019, 2020 годы. (ГТК = 1,35; 1,36; 1,03; 1,24), а 2016 и 2021 – как годы с недостаточным увлажнением (ГТК = 0,82 и 0,88 соответственно) при среднеголетних значениях ГТК = 1,20. Дефицит тепла в годы проведения исследования не наблюдался.

Таблица 1
Происхождение коллекционных образцов тетраплоидных форм ржи

Коллекционный образец	Происхождение
Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Вятка тетра, Житкинская тетра, Московский карлик × Харьковская 55, Апрелька Кубанская, Звездочка, гибрид ГАК, Хрупкая 2, Хрупкая, Таловская 15	Россия
Беняконская, Дружина, Игуменская 78, Белая вежа, Игуменская Н1, Искра, Пуховчанка, Пламя, Дубинская, Полновесная, Зазерская 3	Беларусь
Черкошанка, Харьковская 70, Славутич М-1	Украина
Kungs, Sv.2051-54/54412, Sv. 2046	Швеция
SCW 8854/68, Hohenthurm 4105	Германия
Kecskemeti Torpe	Венгрия
Giganton tetra	Испания

Table 1
Origin of collection specimens of tetraploid forms of rye

Collector's sample	Origin
<i>Tetra korotkaya, Vlada, Sibir' 4, Vyatka tetra, Zhitkinskaya tetra, Moskovskiy karlik × Khar'kovskaya 55, Aprel'ka Kubanskaya, Zvezdochka, hybrid GAK, Khrupkaya 2, Khrupkaya, Talovskaya 15</i>	<i>Russia</i>
<i>Benyakonskaya, Druzhina, Igumenskaya 78, Belaya vezha, Igumenskaya H1, Iskra, Pukhovchanka, Plamya, Dubinskaya, Polnovesnaya, Zazerskaya 3</i>	<i>Belarus</i>
<i>Cherkoshchanka, Kharkovskaya 70, Slavutich M-1</i>	<i>Ukraine</i>
<i>Kungs, Sv.2051-54/54412, Sv. 2046</i>	<i>Sweden</i>
<i>SCW 8854/68, Hohenthurm 4105</i>	<i>Germany</i>
<i>Kecskemeti Torpe</i>	<i>Hungary</i>
<i>Giganton tetra</i>	<i>Spain</i>

Таблица 2

Высота растений, устойчивость к полеганию и зимостойкость коллекционных образцов тетраплоидной озимой ржи, 2019–2021 гг.

№	Наименование образца	Высота растений, см	Устойчивость к полеганию, балл	Зимостойкость, балл
1	Тетра короткая (st)	140,0	4,9	4,6
2	Влада	133,1	4,8	4,9
3	Сибирь 4	139,6	4,5	4,9
4	Рокот 95	136,8	5,0	4,6
5	Игуменская НІ	136,6	4,6	4,6
6	Белая вежа	136,4	4,7	4,4
7	Пламя	138,6	4,7	4,8
8	Дубинская	135,5	4,7	4,6
9	Зазерская 3	140,1	4,7	4,9
10	Полновесная	139,7	4,6	4,3
11	Пуховчанка	141,2	4,5	3,8
12	Искра	134,7	4,7	4,6
13	Игуменская 78	133,9	4,7	4,9
14	Дружина	132,4	4,8	4,1
Среднее		137,1	4,7	
НСР _{0,05}		23,05	0,94	

Table 2

Winter hardiness, plant height and lodging resistance of collection samples of tetraploid winter rye, 2019–2021

No.	Name of the samples	Height of plants, cm	Lodging resistance, score	Winter hardiness, score
1	Tetra korotkaya (st)	140.0	4.9	4.6
2	Vlada	133.1	4.8	4.9
3	Sibir 4	139.6	4.5	4.9
4	Rokot 95	136.8	5.0	4.6
5	Igumenskaya Hl	136.6	4.6	4.6
6	Belaya vezha	136.4	4.7	4.4
7	Plamya	138.6	4.7	4.8
8	Dubinskaya	135.5	4.7	4.6
9	Zazerskaya 3	140.1	4.7	4.9
10	Polnovesnaya	139.7	4.6	4.3
11	Pukhovchanka	141.2	4.5	3.8
12	Iskra	134.7	4.7	4.6
13	Igumenskaya 78	133.9	4.7	4.9
14	Druzhina	132.4	4.8	4.1
Average		137.1	4.7	4.5
LSD _{0,05}		23.05	0.94	10.12

Расчеты наименьшей существенной разности (НСР_{0,05}) проведены с использованием специальной компьютерной программы SNEDECOR V5. Достоверность результатов оценивали при $p \leq 0,05$.

Результаты (Results)

В ходе экспериментальной работы 2015–2018 годов проведена оценка высоты растений коллекционных образцов озимой ржи, что связано с требованиями селекции на устойчивость к полеганию в условиях Западной Сибири, предъявляемым к сортам озимой ржи, среди которых наиболее ценными являются короткостебельные формы. Они

обеспечивают сохранность и качество урожая [12]. В результате оценки выделены три группы по высоте растений: низкостебельные, среднестебельные и высокостебельные. Низкостебельных образцов не выделено. К короткостебельным отнесено 15 образцов с высотой растений от 110 до 149 см (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Хрупкая 2, Хрупкая, Дружина, Игуменская НІ, Белая вежа, Игуменская 78, Искра, Пуховчанка, Зазерская 3, Пламя, Дубинская, Полновесная). Образцы ржи Хрупкая и Хрупкая 2 отличались сильной ломкостью стебля и были исключены из дальнейшего изучения. Высокосте-

бельные (высота растений более 150 см) включали 18 образцов (Московский карлик × Харьковская 55, Житкинская тетра, Апрелька Кубанская, Беняконская, гибрид ГАК, Звездочка, Таловская 15, Вятка тетра, Черкощанка, Харьковская 70, Славутич М-1, Hohenthurm 4105, SCW 8854/68, Kungs, Sv.2051-54/54412, Sv. 2046, Kecskemeti Torpe, Giganton tetra).

Выделенные среднестебельные тетраплоидные образцы озимой ржи за годы изучения 2019–2021 имели высокую устойчивость к полеганию от 4,5 до 5,0 балла при высоте растений 132,4–141,2 см, что указывает на перспективность использования

их в качестве источников данного признака (таблица 2). Выделены сортообразцы по высоте растений ниже стандартного сорта (132,4–139,6 см): Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская НІ, Белая вежа, Искра, Игуменская 78 и Дружина. Высокую устойчивость к полеганию выше стандарта имел сорт Рокот 95 (5 баллов). В результате исследования выделены образцы ржи, сочетающие среднюю высоту растений (132,4–140,0 см) и высокий уровень устойчивости к полеганию (4,5–5,0 балла): Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская НІ, Белая вежа, Искра, Игуменская 78 и Дружина.

Таблица 3
Характеристика по основным хозяйственно ценным признакам образцов тетраплоидной озимой ржи, 2019–2021 гг.

№	Наименование образца	Урожайность, г/м ²	Продуктивная кустистость, шт.	Длина колоса, см	Озерненность, %	Масса зерна колоса, г	Масса зерна растения, г
1	Тетра короткая (st)	797,3	4,3	13,3	81,6	2,27	8,59
2	Влада	803,1	3,1*	12,6	81,5	2,32	8,89
3	Сибирь 4	579,9	3,7	13,2	72,4*	2,13	7,01
4	Рокот 95	745,5	3,4	14,3	76,8	2,72	8,62
5	Игуменская НІ	623,5	3,3	12,5	80,1	2,56	7,79
6	Белая вежа	573,2	3,1*	13,3	79,8	2,69	7,50
7	Пламя	637,7	3,2*	12,9	81,9	2,78	8,35
8	Дубинская	515,1*	2,7*	11,1*	80,9	2,64	6,35*
9	Зазерская 3	602,6	2,9*	12,7	78,7	2,60	6,76
10	Полновесная	570,8	3,2*	11,3*	85,4	2,70	8,45
11	Пуховчанка	584,4	3,1*	11,5*	84,5	2,58	7,59
12	Искра	558,1	3,2*	13,1	82,6	2,73	7,86
13	Игуменская 78	691,7	3,5	13,6	83,2	2,77	8,68
14	Дружина	485,0*	3,0*	12,0	82,6	2,50	6,64
	Среднее	626,3	3,3*	12,7	80,9	2,57	7,79
	HCP _{0,05}	248,49	10,12	1,53	7,43	0,63	2,21

Примечание. * Статистически значимо на критическом уровне 5 %.

Table 3
Characteristics according to the main economically valuable traits of samples of tetraploid winter rye, 2019-2021

No.	Name of the samples	Yield, g/m ²	Productive bushiness, pcs.	Ear length, cm	Lake level, %	Ear grain weight, g	Grain weight of the plant, g
1	Tetra korotkaya (st)	797.3	4.3	13.3	81.6	2.27	8.59
2	Vlada	803.1	3.1*	12.6	81.5	2.32	8.89
3	Sibir 4	579.9	3.7	13.2	72.4*	2.13	7.01
4	Rokot 95	745.5	3.4	14.3	76.8	2.72	8.62
5	Igumenskaya HI	623.5	3.3	12.5	80.1	2.56	7.79
6	Belaya vezha	573.2	3.1*	13.3	79.8	2.69	7.50
7	Plamya	637.7	3.2*	12.9	81.9	2.78	8.35
8	Dubinskaya	515.1*	2.7*	11.1*	80.9	2.64	6.35*
9	Zazerskaya 3	602.6	2.9*	12.7	78.7	2.60	6.76
10	Polnovesnaya	570.8	3.2*	11.3*	85.4	2.70	8.45
11	Pukhovchanka	584.4	3.1*	11.5*	84.5	2.58	7.59
12	Iskra	558.1	3.2*	13.1	82.6	2.73	7.86
13	Igumenskaya 78	691.7	3.5	13.6	83.2	2.77	8.68
14	Druzhina	485.0*	3.0*	12.0	82.6	2.50	6.64
	Average	626.3	3.3*	12.7	80.9	2.57	7.79
	LSD _{0.05}	248.49	10.12	1.53	7.43	0.63	2.21

Note. *Statistically significant at the critical level of 5 %.

Зимостойкость является наследуемой характеристикой растений в результате адаптации к низкотемпературной среде и может улучшить выживаемость и способность растения к зимовке и регенерации [13]. Поэтому в экстремальных условиях Сибири признак высокой зимостойкости определяет пригодность возделывания сортов ржи, обеспечивает устойчивость растений к длительным отрицательным температурам и получения хорошего урожая.

Зимостойкость образцов озимой ржи в 2018–2021 годах составила 4,5 балла с варьированием в пределах от 3,8 балла (Пуховчанка) до 4,9 балла (Влада, Сибирь 4, Зазерская 3, Игуменская 78). Выделены образцы с максимальными показателями зимостойкости на уровне и выше стандарта Тетра короткая (4,6 баллов): Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Пламя, Зазерская 3, Игуменская 78 (таблица 2).

Высокая урожайность ржи в сочетании с высокой зимостойкостью и устойчивостью к полеганию является основным критерием эффективности селекции. Средняя урожайность в 2018–2021 годах выделившихся сортообразцов составила 626,3 г/м² в пределах варьирования от 485 (Дружина) до 803,1 г/м² (Влада) (таблица 3). По урожайности выше стандарта Тетра короткая (797,3 г/м²) выделился сорт Влада (803,1 г/м²).

Элементы структуры урожая играют важную роль в формировании продуктивности озимой ржи. Наибольшее практическое значение для формирования величины урожая озимой ржи имеет продуктивная кустистость [14]. У сортообразцов ржи она варьировала от 2,7 шт. (Дубинская) до 4,3 шт. (Тетра короткая). Источником высокой продуктивной кустистости может служить российский сортообразец Тетра короткая (4,3 шт.), что подтверждается исследованиями белорусских ученых, где продуктивная кустистость у сорта составила 6,7 шт. [15].

Длина колоса является наиболее фенотипически стабильным элементом продуктивности и зависит от генотипа и от влияния различных факторов внешней среды. Коллекционные образцы ржи имеют в основном колосья длиной от 11,1 см (Дубинская) до 14,3 см (Рокот 95). В то же время у стандартного сорта длина колоса составила 13,3 см. Выделены образцы ржи, которые имели показатели на уровне и выше стандарта по длине колоса: Белая Вежа (13,3 см), Рокот 95 (14,3 см) и Игуменская 78 (13,6 см). Длина колоса у большинства сортообразцов коллекции была на уровне среднего значения (12,7 см), лишь у сортов Дубинская, Полновесная и Пуховчанка наблюдалась наименьшая длина колоса (менее 12 см).

Увеличение озерненности колоса сортообразцов ржи способствует повышению урожайности зерна. Озерненность колоса у образцов находилась в пределах от 72,4 % (Сибирь 4) до 85,4 % (Полновесная) и в среднем составила 80,9 %. Наилучшие показатели по озерненности от 81 % имели сортообразцы ржи на

уровне и выше стандарта: Влада, Пламя, Полновесная, Пуховчанка, Искра, Игуменская 78, Дружина.

В значительной степени определяют продуктивность озимой ржи такие признаки, как масса зерна колоса и растения, которые зависят от сортовых особенностей и условий произрастания [16]. Средняя масса зерна колоса по сортам составила 2,57 г и находилась в пределах от 2,13 г (Сибирь 4) до 2,78 г (Пламя). Превышение по этому признаку имели все образцы ржи, за исключением сорта Сибирь 4 (2,13 г). Высокой массой зерна колоса (2,60 г) характеризовались образцы Рокот 95, Белая Вежа, Пламя, Дубинская, Зазерская 3, Полновесная, Искра, Игуменская 78.

Среднее значение массы зерна растения составило 7,8 г и варьировало в пределах от 6,35 г (Дубинская) до 8,89 г (Влада). Наибольшую массу зерна растения на уровне и выше стандарта 8,59–8,89 г сформировали образцы Влада, Рокот 95, Игуменская 78. Таким образом, наибольший интерес для селекции представляют коллекционные образцы по показателям массы зерна с колоса (2,72–2,77 г) и с растения (7,86–8,89 г): Игуменская 78, Пламя, Полновесная, Искра, Рокот 95.

Существенное влияние на качество зерна ржи оказывают сорт и условия выращивания (таблица 4). К числу основных признаков, косвенно характеризующих технологические свойства зерна ржи, относятся натура и масса 1000 зерен. Масса 1000 зерен характеризует их крупность. В крупном зерне больше эндосперма и меньше оболочек, следовательно, выше выход готовых продуктов из зерна ржи. Полновесные и выровненные зерна ржи дают дружные всходы, растения в дальнейшем равномерно развиваются, одновременно созревают и дают высокий урожай [17]. У сортообразцов ржи масса 1000 зерен составила в среднем 51,8 г с размахом варьирования от 43,5 (Тетра короткая) до 55,9 г (Полновесная). Все образцы отличались высокой и очень высокой массой 1000 зерен, что связано с сортовой спецификой тетраплоидной ржи в сочетании с условиями среды [18]. В целом наиболее крупное зерно более 55 г имели сортообразцы Дубинская (55,4 г), Зазерская 3 (54,6 г), Полновесная (55,9 г), Пуховчанка (54,6 г), Игуменская 78 (54,9 г). Все источники крупнозерных сортообразцов ржи относятся к белорусской селекции.

Натура зерна имеет большое технологическое значение и характеризует его пищевую ценность. В выполненном зерне содержится больше эндосперма, а значит, и крахмала, сахара, белков. Чем больше выполненность зерна, тем выше его натура (Иванова и др., 2023). Чем выше натурный вес, тем, как правило, выше выход высокосортной муки [19]. Согласно ГОСТ 10840-2017, натура зерна ржи должна быть 680 г/л и выше. У изучаемых сортообразцов озимой ржи натура зерна составила в сред-

нем 672,4 г/л и варьировала в пределах от 647,7 г/л (Игуменская 78) до 700,0 г/л (Тетра короткая). Стандартный сорт Тетра короткая имел максимальное значение по натуре зерна, которое составило 700,0 г/л (I класс), поэтому достоверного превышения по данному признаку среди изучаемых образцов не было отмечено. Можно выделить образцы, имеющие высокие показатели натуры зерна среди изучаемого набора сортов на уровне 680 г/л (II класс): Сибирь 4 (695,7 г/л) и Дружина (683,0 г/л).

Одним из основных свойств, определяющих хлебопекарные качества ржи, является активность амилолитических ферментов, в особенности альфа-амилазы. Ее косвенным показателем является

величина числа падения [20]. В основном зерно коллекционных образцов ржи относится ко II классу с числом падения от 141 до 200 с. Такая рожь не требует подсортировки при переработке в муку (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Пламя, Дубинская, Зазерская 3, Полновесная, Пуховчанка, Искра, Игуменская 78). Из изученных коллекционных образцов высокими показателями числа падения выделился белорусский сортообразец Игуменская HI (201,0 с), относящийся к I классу с числом падения свыше 200 с и характеризующийся как улучшитель для подсортировки к зерну с пониженным качеством. Согласно ГОСТ 16990-88, образцы ржи должны формировать число падения не ниже 200 с.

Таблица 4

Технологические качества зерна коллекционных образцов озимой ржи, 2019–2021 гг.

№	Наименование образца	Масса 1000 зерен, г	Натура зерна, г/л	Число падения, с
1	Тетра короткая (st)	43,5	700,0	179,3
2	Влада	47,0	672,0	164,3
3	Сибирь 4	47,2	695,7	157,3
4	Рокот 95	51,2*	673,7	135,3
5	Игуменская HI	53,7*	667,7*	201,0
6	Белая вежа	50,4*	660,7*	112,7
7	Пламя	53,8*	663,3*	159,7
8	Дубинская	55,4*	679,3	195,0
9	Зазерская 3	54,6*	677,7	152,3
10	Полновесная	55,9*	671,7	150,0
11	Пуховчанка	54,6*	663,3	161,3
12	Искра	51,3*	658,0*	193,0
13	Игуменская 78	54,9*	647,7*	157,7
14	Дружина	52,0*	683,0	136,7
	Среднее	51,8*	672,4*	161,1
	НСР _{0,05}	5,24	29,79	122,72

Примечание. * Статистически значимо на критическом уровне 5 %.

Table 4

Technological qualities of grain of collection samples of winter rye, 2019–2021

No.	Name of the samples	Weight of 1000 grains, g	Grain size, g/l	Falling number, s
1	Tetra korotkaya (st)	43.5	700.0	179.3
2	Vlada	47.0	672.0	164.3
3	Sibir 4	47.2	695.7	157.3
4	Rokot 95	51.2*	673.7	135.3
5	Igumenskaya HI	53.7*	667.7*	201.0
6	Belaya vezha	50.4*	660.7*	112.7
7	Plamya	53.8*	663.3*	159.7
8	Dubinskaya	55.4*	679.3	195.0
9	Zazerskaya 3	54.6*	677.7	152.3
10	Polnovesnaya	55.9*	671.7	150.0
11	Puxovchanka	54.6*	663.3	161.3
12	Iskra	51.3*	658.0*	193.0
13	Igumenskaya 78	54.9*	647.7*	157.7
14	Druzhina	52.0*	683.0	136.7
	Average	51.8*	672.4*	161.1
	LSD _{0,05}	5.24	29.79	122.72

Note. * Statistically significant at the critical level of 5 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате комплексного изучения хозяйственно ценных признаков коллекционных сортообразцов тетраплоидной озимой ржи различного эколого-географического происхождения выделены источники признаков, представляющие интерес для дальнейшей селекции в условиях Западной Сибири: по зимостойкости на уровне 4,6 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Пламя, Зазерская 3, Игуменская 78); по высоте растений – 132,4–140,0 см, устойчивости к полеганию – 4,5–5,0 балла (Тетра короткая, Влада, Сибирь 4, Рокот 95, Игуменская Н1, Белая вежа, Искра, Игуменская 78, Дружина); по урожайности – 797,3–803,1 г/м² (Тетра короткая, Влада); по продуктивной кустистости – 4,3 шт. (Тетра короткая); по продуктивности колоса: длина колоса – 13,1–14,3 см; озерненность колоса – 81,5–85,4 %, масса зерна с колоса – 2,64–2,78 г, с растения – 8,59–8,89 г. (Тетра короткая, Влада, Полновесная, Пламя, Искра, Рокот 95, Игуменская 78); по качеству зерна: масса 1000 зерен – 55,6–55,9 г, натура зерна – 679,3–700,0 г/л, число падения – 201,0 с (Тетра короткая, Игуменская Н1, Дубинская, Искра).

Особую ценность для селекции представляют следующие образцы тетраплоидной озимой ржи по комплексу признаков:

Сорт Тетра короткая имеет высокие показатели хозяйственно ценных признаков: зимостойкость,

устойчивость к полеганию, продуктивная кустистость, длина колоса, масса зерна растения, натура зерна. Может использоваться в селекции как материнская форма при гибридизации как более адаптированный сорт в условиях Западной Сибири.

Сорт Влада обладает высокими значениями основных ценных признаков: зимостойкость, устойчивость к полеганию, урожайность, озерненность, масса зерна колоса и растения.

Сорт Рокот 95 может использоваться в селекции в качестве источника по зимостойкости, устойчивости к полеганию, длине колоса и массе зерна с растения.

Сорт Полновесная предполагается использовать в селекции как источник озерненности колоса, крупности зерна, массы зерна колоса и растения.

Сорт Игуменская 78 позволит улучшить такие показатели, как длина колоса, крупность зерна, масса зерна колоса и растения.

Сорт Игуменская Н1 предполагается использовать в качестве улучшителя, который обеспечивает лучшие хлебопекарные достоинства муки (число падения выше 200 с).

Таким образом, полученные источники ценных признаков и по комплексу признаков тетраплоидной озимой ржи рекомендуются для использования в селекционной работе в условиях Западной Сибири.

Библиографический список

1. Урбан Э. П., Гордей С. И., Артюх Д. Ю., Гордей И. С. Направления, методы и результаты селекции ржи (*Secale cereale* L.) в Беларуси // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. 2022. 60 (2). С. 160–170. DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170.
2. Rabanus-Wallace M. T., Stein N. The Rye Genome // Springer Nature. Cham, Switzerland. 2021. 251 p. DOI: 10.1007/978-3-030-83383-1.
3. Посевные площади Российской Федерации в 2024 году [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики (Росстат). URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx_2024.xlsx (дата обращения: 17.12.2024).
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni> (дата обращения: 17.12.2024).
5. Российский сельскохозяйственный центр. Рейтинг 10 сортов (гибридов) – лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosselhoccenter.ru> (дата обращения: 17.12.2024).
6. Информационный листок № 2 (Россельхозцентра). Рейтинг 10 сортов (гибридов)-лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://ikar.ru/1/articles/360> (дата обращения: 17.12.2024).
7. Ермошкина Н. Н., Саламатина А. А., Артемова Г. В., Мусинов К. К., Сурначев А. С., Степочкин П. И. Уникальный сибирский генофонд ржи и его использование в селекции зерновых культур // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024. Т. 10, № 2. С. 111–118. DOI: 10.18699/letvjgb-2024-10-13.
8. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23, № 6. С. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552.

9. Conley A. B., Rishishwar L., Ahmad M., Sharma S., Norris E. T., Jordan I. K., Mariño-Ramírez L. Rye: genetic ancestry inference at biobank scale // *Nucleic Acids Research*. 2023. Vol. 51, No. 8. Article number e44. DOI: 10.1093/nar/gkad149.

10. Власенко А. Н., Кудашкин П. И., Власенко Н. Г. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2020. № 5. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10501.

11. Изучение и сохранение мировой коллекции ржи: методические указания. Санкт-Петербург: Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 2015. 44 с.

12. Ермошкина Н. Н., Артемова Г. В., Давыдова Н. В. [и др.] Влияние осеннего состояния растений озимых зерновых культур на зимостойкость при разных сроках посева // *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2023. № 3 (68). С. 29–42. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-29-42.

13. Гончаренко А. А., Макаров А. В., Ермаков С. А., Семенова Т. В., Точилин В. Н., Цыганкова Н. В. [и др.] Экологическая устойчивость сортов озимой ржи с различным типом короткостебельности // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 3. С. 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9.

14. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Урожайность и элементы ее структуры у перспективных сортов озимой ржи в условиях Кировской области // *Международный научный сельскохозяйственный журнал*. 2019. № 1. С. 33–39.

15. Ровдо Т. В., Артюх Д. Ю. Результаты изучения коллекционных образцов озимой ржи по основным хозяйственно ценным признакам // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2021. № 57. С. 251–258.

16. Ровдо Т. В., Артюх Д. Ю. Источники хозяйственно ценных признаков в коллекции озимой ржи // *Земледелие и селекция в Беларуси*. 2019. № 55. С. 233–240.

17. Лыкова И. В., Лисицын Е. М., Лыкова Т. В., Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Информативность параметров качества зерна для селекции озимой ржи // *Таврический вестник аграрной науки*. 2023. № 3 (35). С. 145–157.

18. Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Сравнительная оценка показателей пластичности, стабильности и гомеостатичности сортов озимой ржи селекции ВИР по признаку «масса 1000 зерен» // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. Т. 181, № 3. С. 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63.

19. Dörthe S., Jansen G., Zaar A., Kilian A., Joachim F. A genome-wide association study pinpoints quantitative trait genes for plant height, heading date, grain quality, and yield in rye (*Secale cereale* L.) // *Frontiers in Plant Science*. 2021. Vol. 12. Article number 718081. DOI: 10.3389/fpls.2021.718081.

20. Пономарева М. Л., Пономарев С. Н. Оптимизация параметров качества зерна для селекции озимой ржи // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019. Т. 23, № 3. С. 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496.

Об авторах:

Наталья Николаевна Ермошкина, научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», п. Краснообск, Новосибирская область, Россия; ORCID 0000-0002-0070-9824, AuthorID 1138387. E-mail: natali.erm@bk.ru

Петр Иванович Степочкин, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», п. Краснообск, Новосибирская область, Россия; ORCID 0000-0003-1136-0469, AuthorID 705618. E-mail: stepopetr@mail.ru

References

1. Urban V. P., Gordey S. I., Art D. S., Gordey I. S. The direction, methods and means of combating celery (*Secale cereale* L.) in Belarus. *Vesczi Nacyyanal'nej akademii navuk Belarusi*. 2022; 60 (2): 160–170. DOI: 10.29235/1817-7204-2022-60-2-160-170. (In Russ.)

2. Rabanus-Wallace M. T., Stein N. The Rye Genome. *Springer Nature*. Cham, Switzerland. 2021; 251. DOI: 10.1007/978-3-030-83383-1.

3. Acreage of the Russian Federation in 2024. *Federal State Statistics Service* [Internet] [cited 2024 Dec 17]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev-4cx_2024.xlsx. (In Russ.)

4. The State Register of breeding achievements approved for use. Vol. 1. “Plant varieties”. [Internet] [cited 2024 Dec 17]. Available from: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni>. (In Russ.)

5. Russian Agricultural Center. The rating of 10 varieties (hybrids)-the leaders of agricultural crops in terms of seeding volumes in the Russian Federation. [Internet] [cited 2024 Dec 17]. Available from: <https://rosselhocenter.ru>. (In Russ.)
6. Information sheet No. 2 (Rosselkhoznadzor). The rating of 10 varieties (hybrids)-the leaders of agricultural crops in terms of seeding volumes in the Russian Federation. [Internet] [cited 2024 Dec 17]. Available from: <http://ikar.ru/1/articles/360>. (In Russ.)
7. Ermoshkina N. N., Salamatina A. A., Artemova G. V., Musinov K. K., Surnachev A. S., Stepochkin P. I. The unique Siberian gene pool of rye and its use in the breeding of grain crops. *Letters to the Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024; 10 (2): 111–118. DOI: 10.18699/letvjgb-2024-10-13. (In Russ.)
8. Safonova I. V., Aniskov N. I., Kobylansky V. D. Database of genetic resources of the VIR winter rye collection as a means of classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection and effective study and conservation. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (6): 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552. (In Russ.)
9. Conley A. B., Rishishwar L., Ahmad M., Sharma S., Norris E. T., Jordan I. K., Mariño-Ramírez L. Rye: genetic ancestry inference at biobank scale. *Nucleic Acids Research*. 2023; 51 (8): 44. DOI: 10.1093/nar/gkad149.
10. Vlasenko A. N., Kudashkin P. I., Vlasenko N. G. The influence of resource-saving technologies on the content of humus in leached chernozem of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Agriculture*. 2020; 5: 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10501. (In Russ.)
11. Study and preservation of the world's rye collection. Methodological guidelines. Saint Petersburg: Federal Research Center All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, 2015. 44 p. (In Russ.)
12. Ermoshkina N. N., Artemova G. V., Davydova N. V., et al. The influence of the autumn state of winter grain plants on winter hardiness at different sowing periods. *Bulletin of NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023; 3 (68): 29–42. DOI: 10.31677/2072-6724-2023-68-3-29-42. (In Russ.)
13. Goncharenko A. A., Makarov A. V., Ermakov S. A., Semenova T. V., Tochilin V. N., Tsygankova N. V., et al. Ecological stability of winter rye varieties with different types of short stems. *Russian Agricultural Science*. 2019; 3: 3–9. DOI: 10.31857/S2500-2627201933-9. (In Russ.)
14. Shlyakhtina E. A., Krylova O. N. Yield and elements of its structure in promising varieties of winter rye in the conditions of the Kirov region. *International Scientific Agricultural Journal*. 2019; 1: 33–39. (In Russ.)
15. Rovdo T. V., Artyukh D. Yu. The results of studying collectible samples of winter rye according to the main economically valuable characteristics. *Agriculture and Breeding in Belarus*. 2021; 57: 251–258. (In Russ.)
16. Rovdo T. V., Artyukh D. Yu. Sources of economically valuable traits in the collection of winter rye. *Agriculture and Breeding in Belarus*. 2019; 55: 233–240. (In Russ.)
17. Lykova I. V., Lisitsyn E. M., Lyskova T. V., Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. Information content of grain quality parameters for winter rye breeding. *Tauride Bulletin of Agrarian Science*. 2023; 3 (35): 145–157. (In Russ.)
18. Aniskov N. I., Safonova I. V. Comparative assessment of plasticity, stability and homeostaticity of winter rye varieties of VIR breeding on the basis of “weight of 1000 grains”. *Works on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020; 181 (3): 56–63. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-3-56-63. (In Russ.)
19. Dörthe S., Jansen G., Zaar A., Kilian A., Joachim F. A genome-wide association study pinpoints quantitative trait genes for plant height, heading date, grain quality, and yield in rye (*Secale cereale* L.). *Frontiers in Plant Science*. 2021; 12: 718081. DOI: 10.3389/fpls.2021.718081.
20. Ponomareva M. L., Ponomarev S. N. Optimization of grain quality parameters for winter rye breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2019; 23 (3): 320–327. DOI: 10.18699/VJ19.496. (In Russ.)

Authors' information:

Natalya N. Ermoshkina, researcher, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia; ORCID 0000-0002-0070-9824, AuthorID 1138387. *E-mail: natali.erm@bk.ru*

Petr I. Stepochkin, doctor of agricultural sciences, senior researcher, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – a Branch of the of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Krasnoobsk settlement, Novosibirsk region, Russia; ORCID 0000-0003-1136-0469, AuthorID 705618. *E-mail: stepopetr@mail.ru*

Моделирование электропроводности почвы для устойчивого землепользования в районах, подверженных засолению

А. И. Насирова¹, Т. А. Гасанова^{2✉}, Г. Ф. Аскерова¹, Н. А. Абасова²

¹ Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджанская Республика

² Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджанская Республика

✉ E-mail: turkanhesenova@mail.ru

Аннотация. Цель. В этом исследовании целью является изучается пространственная изменчивость электропроводности почвы (ЕС) и ее связь с ключевыми катионами и анионами (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}) вдоль Кура-Араксинской низменности. **Методы.** Применялась комбинация полевых проб почвы, лабораторных анализов и спектральных данных Landsat 8, линейные (MLR, PLSR) и нелинейные (ANN, SVM) подходы моделирования были использованы для оценки и картирования ЕС почвы. **Результаты.** Na^+ и Cl^- определены как основные факторы засоления, причем соли NaCl доминируют в динамике засоления почвы в регионе. Также наблюдались вторичные вклады KCl и MgCl_2 . Прибрежные формы рельефа, такие как лагунные реликты и прибрежные равнины, показали самые высокие уровни солёности, приписываемые геоморфологическим процессам и антропогенной деятельности. Среди предсказательных моделей алгоритм SVM превзошел другие, достигнув более высоких значений R^2 и более низкого RMSE, что подчеркивает его эффективность в захвате сложных взаимодействий почвы и окружающей среды. **Научная новизна.** Засоление почвы является сложной проблемой для сельскохозяйственной производительности и экологической устойчивости, особенно в засушливых и полувзасушливых прибрежных регионах. В этом исследовании подчеркивается полезность цифрового картирования почв (DSM) для оценки засоленности почв и даются практические рекомендации по устойчивому управлению земельными ресурсами, в частности, по снижению засоленности и совершенствованию методов ведения сельского хозяйства в уязвимых системах.

Ключевые слова: электропроводность, солёность, формы рельефа, дистанционное зондирование

Для цитирования: Насирова А. И., Гасанова Т. А., Аскерова Г. Ф., Абасова Н. А. Моделирование электропроводности почвы для устойчивого землепользования в районах, подверженных засолению // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1199–1208. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1199-1208>.

Дата поступления статьи: 17.02.2025, **дата рецензирования:** 02.04.2025, **дата принятия:** 19.05.2025.

Modeling of soil electrical conductivity for sustainable land use in salinized areas

A. I. Nasirova¹, T. A. Hasanova²✉, G. F. Asgarova¹, N. A. Abasova²

¹ Institute of Soil Science and Agrochemistry of Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

² Baku State University, Baku, Republic of Azerbaijan

✉ E-mail: turkanhesenova@mail.ru

Abstract. Purpose. In this study, the purpose is to investigate the spatial variability of soil electrical conductivity (EC) and its relationship with key cations and anions (Na^+ , 7K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}) along the Kur-Araz lowland. **Methods.** Using a combination of field soil samples, laboratory analyses and Landsat 8 spectral data, linear (MLR, PLSR) and nonlinear (ANN, SVM) modeling approaches were used to estimate and map soil EC. **The results** identified Na^+ and Cl^- as the main drivers of salinity, with NaCl salts dominating the soil salinity dynamics in the region. Secondary contributions of KCl and MgCl_2 were also observed. Coastal landforms such as lagoonal relics and coastal plains showed the highest salinity levels, attributed to geomorphic processes and anthropogenic activities. Among the predictive models, the SVM algorithm outperformed the others, achieving higher R^2 values and lower RMSE, highlighting its effectiveness in capturing complex soil-environment interactions. **Scientific novelty.** Soil salinity is a challenging issue for agricultural productivity and environmental sustainability, especially in arid and semi-arid coastal regions. This study highlights the usefulness of digital soil mapping (DSM) for assessing soil salinity and provides practical recommendations for sustainable land management, particularly for reducing salinity and improving agricultural practices in vulnerable systems.

Keywords: electrical conductivity, salinity, landforms, remote sensing

For citation: Nasirova A. I., Hasanova T. A., Asgarova G. F., Abasova N. A. Modeling of soil electrical conductivity for sustainable land use in salinized areas. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1199–1208. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1199-1208>. (In Russ.)

Date of paper submission: 17.02.2025, **date of review:** 02.04.2025, **date of acceptance:** 19.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Электропроводность почвы (ЕС) широко признана надежным индикатором для оценки и мониторинга засоленности почвы. Значения ЕС напрямую коррелируют с концентрацией ионов в почвенном растворе, увеличиваясь по мере увеличения содержания соли в определенных условиях влажности [1; 2]. Однако основная проблема в оценке качества почвы заключается в решении проблемы значительной пространственной и временной изменчивости свойств почвы в различных масштабах наблюдений. Засоление и содификация почвы представляют собой критические процессы деградации почвы, представляющие значительную угрозу для экосистем, особенно в засушливых и полувзасушливых регионах. Эти процессы глубоко влияют на производительность и устойчивость сельского хозяйства, изменяя свойства почвы и снижая плодородие [3; 5; 7]. Доминирование натрия (Na^+) в почвенном растворе приводит к дисперсии глинистых частиц, что нарушает структуру и значительно снижает проницаемость почвы. Среди солей, способствующих засолению, их воздействие уменьшается в порядке $\text{NaCl} > \text{CaSO}_4^{2-} > \text{CaHCO}_3 > \text{MgCl}_2 > \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Повышенная соленость отрицательно влияет на все

аспекты роста растений, нарушая баланс поглощения ионов, вызывая осмотический стресс и ухудшая поглощение воды корнями растений.

Согласно стандартам солености, почвы классифицируются как засоленные, когда их электропроводность насыщенной вытяжки (ЕСе) превышает $4 \text{ дСм} \cdot \text{м}^{-1}$ при 25°C с процентом обменного натрия (ESP) ниже 15 и pH менее 8,5. Эти почвы характеризуются высокой концентрацией ионов, таких как Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , сульфат (SO_4^{2-}) и хлорид (Cl^-). Обнаружение ионов в почвах имеет решающее значение в различных областях, включая здоровье человека, продовольственную безопасность и мониторинг окружающей среды, поскольку концентрации ионов предоставляют важную информацию о качестве почвы и воды. Например, анализ ионов, таких как кальций (Ca^{2+}), натрий (Na^+), калий (K^+) и магний (Mg^{2+}), имеет большое значение для оценки пригодности воды для потребления человеком и сельскохозяйственного орошения. Повышенные концентрации этих ионов указывают на повышенную соленость почвы или натриеватость, что может отрицательно влиять на рост растений. Аналогичным образом мониторинг ионов играет решающую роль в переработке пищевых продуктов, при этом

специфические ионы, такие как нитрат (NO_3^-) и нитрит (NO_2^-) в мясных продуктах, кальций (Ca^{2+}) в молочных продуктах и калий (K^+) во фруктовых соках, являются ключевыми показателями безопасности и качества пищевых продуктов.

Прибрежные регионы, где сходятся наземные и морские экосистемы, крайне восприимчивы к засолению почвы, вызванному как естественными процессами, так и антропогенной деятельностью. Эти районы поддерживают значительную часть населения мира и характеризуются высоким биоразнообразием и уникальными экологическими особенностями. Кроме того, прибрежные зоны функционируют как центры экономической, сельскохозяйственной и рекреационной деятельности. Однако быстрый рост населения и растущие потребности в пресной воде усилили проникновение речной воды в запасы грунтовых вод. Это проникновение соленой воды повышает соленость грунтовых вод, которая впоследствии мигрирует в ризосферу через капиллярное действие, откладывая солевые минералы. Этот процесс отрицательно влияет на плодородие почвы, снижая урожайность сельскохозяйственных культур и в тяжелых случаях вызывая полную потерю урожая.

Дистанционное зондирование является важным инструментом для многомасштабного и долгосрочного мониторинга засоления почв благодаря своей эффективности в получении обширных наборов данных по большим площадям. Однако такие факторы, как атмосферные условия, взаимодействие электромагнитного излучения почвы и атмосферы и перекрывающиеся спектральные сигналы от различных компонентов почвы, могут значительно снизить точность данных дистанционного зондирования, что часто приводит к противоречивым результатам [8–10]. Следовательно, дистанционное зондирование в основном используется для карти-

рования пространственного распределения засоления почв и классификации уровней засоления, а не для получения точных количественных измерений. Для повышения надежности приложений дистанционного зондирования исследователи часто интегрируют спутниковые изображения и данные дистанционного зондирования с наземными полевыми и лабораторными измерениями для оценки и картирования свойств почвы [11; 12]. Линейные многомерные модели, такие как множественная линейная регрессия (MLR) и регрессия с частичными наименьшими квадратами (PLSR), успешно применялись для анализа спектральных моделей поглощения и их взаимосвязей с характеристиками почвы [13–15]. В последние годы нелинейные подходы к моделированию, включая опорные векторные машины (SVM) и искусственные нейронные сети (ANN), приобрели известность благодаря своей превосходной способности улавливать сложные взаимодействия между физическими и химическими свойствами почвы и спектральными данными.

Основными целями данного исследования были:

1. Оценка взаимосвязи между электропроводностью почвы и концентрацией ионов: исследование корреляции между электропроводностью почвы (ECe) и концентрацией ключевых катионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионов (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}) для выявления доминирующих факторов засоления почвы, которые могут негативно повлиять на сельскохозяйственное хозяйство.

2. Характеристика пространственной изменчивости засоления почвы: картирование и анализ пространственного распределения засоления почвы и его связи с геоморфологическими рельефами, включая лагуны, реликты лагун, прибрежные равнины и барьеры, для понимания влияния геоморфологических процессов на динамику засоления.

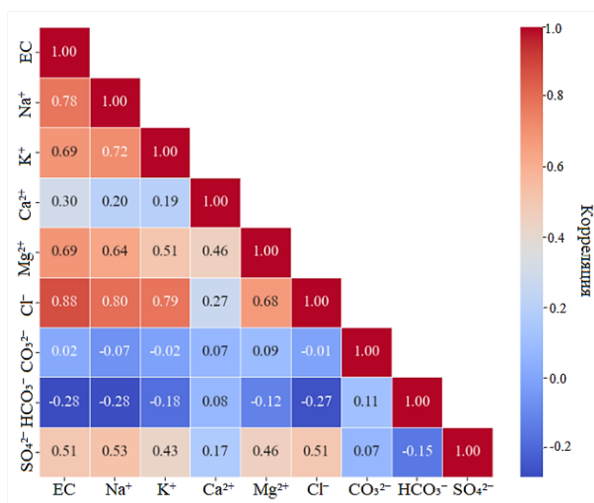


Рис. 1. Карта корреляции электропроводности с катионами и анионами

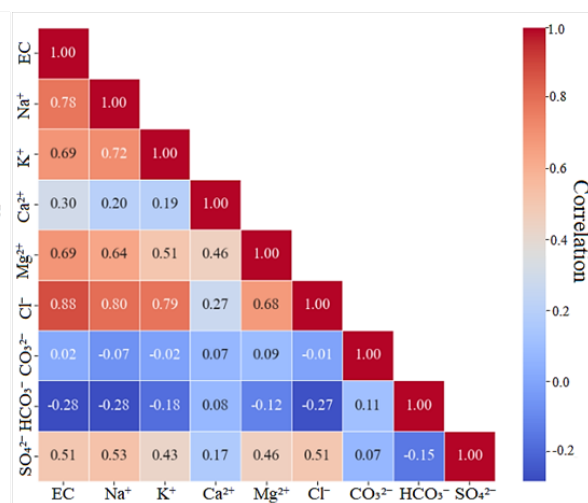


Fig. 1. Conductivity correlation map with cations and anions

3. Производительность алгоритмов цифрового картирования почв (DSM) для моделирования ландшафта солености: сравнение точности прогнозирования линейных моделей (множественная линейная регрессия (MLR) и регрессии с использованием частичных наименьших квадратов (PLSR)) и нелинейных моделей (машины опорных векторов (SVM) и искусственные нейронные сети (ANN)) при оценке распределения ЕС и ионов в почве с использованием спектральных данных Landsat-8.

4. Разработка структуры для мониторинга и управления соленостью почв для поддержки сельского хозяйства: предоставление действенных идей для управления земельными ресурсами путем интеграции выходных данных DSM с геоморфологическим анализом для информирования об устойчивых методах ведения сельского хозяйства и стратегиях смягчения засоления в уязвимых прибрежных регионах.

Эти цели направлены на углубление понимания динамики засоления почв с использованием современных методов дистанционного зондирования и моделирования для поддержки устойчивого землепользования и продуктивности сельского хозяйства в полусухом климате с проблемами управления засолением [19].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследуемый регион характеризуется полусухим климатом. Ландшафт включает в себя разнообразные прибрежные формы рельефа, в числе лагуны, реликты лагун, прибрежные равнины и барьеры, каждая из которых существенно влияет на динамику солености почвы [20]. Эти формы рельефа особенно подвержены засолению из-за геоморфологических процессов и сельскохозяйственной деятельности, что делает их идеальным местом для исследования пространственной изменчивости электропроводности почвы (ЕС) [21]. Была создана систематическая сеть для отбора проб, состоящая из семи параллельных рядов, расположенных на расстоянии 2 км друг от друга, с 20 точками отбора проб в ряду с интервалом 1 км [4; 6]. Образцы почвы отбирались из верхних 20 см почвенного профиля. Образцы высушивались на воздухе, просеивались через сито 2 мм и подвергались лабораторному анализу. Электропроводность (ЕС) насыщенных почвой экстрактов измерялась с помощью измерителя ЕС. Концентрации катионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионов (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}) анализировались в соответствии со стандартизированными протоколами, изложенными в методах анализа почвы. Эти методы обеспечивали точную количественную оценку концентраций ионов, облегчая надежные корреляционные анализы между содержанием ионов и ЕС почвы. Полученный набор данных обеспечил надежную основу для калибровки моделей

дистанционного зондирования и улучшения понимания динамики солености в пределах исследуемой области [16; 17].

Результаты (Results)

Анализ главных компонент (PCA) использовался для оценки взаимосвязей между электропроводностью почвы (ЕС) и концентрациями измеренных в лаборатории катионов и анионов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-}). Как показано на рис. 2. Cl^- продемонстрировал самую сильную корреляцию с ЕС ($r = 0,88$), за ним следует Na^+ ($r = 0,78$), что указывает на их доминирующее влияние на засоление почвы в исследуемой области. Почвенные ионы K^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} были следующими по влиянию со значениями корреляции 0,69, 0,69 и 0,51 соответственно. Среди катионов Ca^{2+} продемонстрировал наименьшее влияние на ЕС ($r = 0,30$), тогда как CO_3^{2-} и HCO_3^- имели незначительные или отрицательные корреляции ($r = 0,02$ и $-0,28$ соответственно). Рис. 1. демонстрирует эти взаимосвязи, подчеркивая относительное влияние каждого иона на ЕС почвы. Эти результаты подтверждают, что соли NaCl являются основными факторами засоления почвы в юго-восточном регионе реки Кура. Дальнейший анализ тепловой карты корреляции показывает, что соли KCl оказывают сопоставимое влияние на ЕС, о чем свидетельствуют сильные корреляции между Na^+ , K и Cl^- . Кроме того, значимая связь между Mg^{2+} и Cl^- ($r = 0,68$) подчеркивает большее влияние Mg^{2+} на ЕС по сравнению с Ca^{2+} . Эти результаты подчеркивают важность определенных ионов в формировании динамики засоления исследуемой территории (рис. 1, 2).

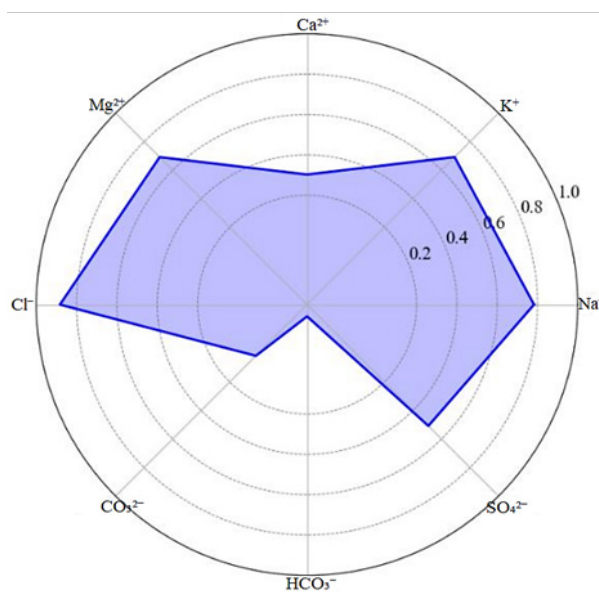


Рис. 2. Радарная диаграмма средних значений ЕС с катионами и анионами
Fig. 2. Radar diagram of average EC values with cations and anions

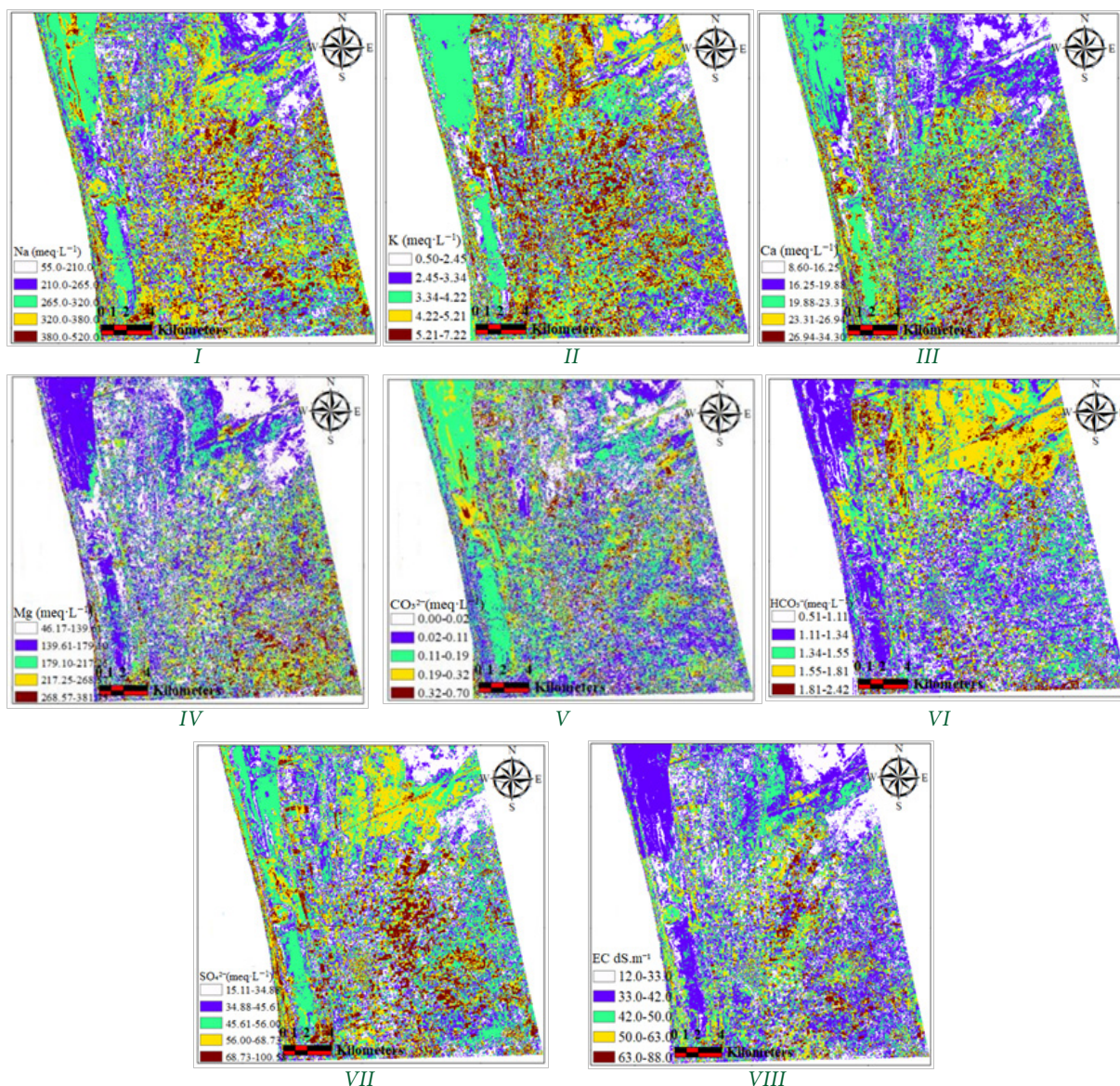


Рис. 3. Карты распределения (I–VIII) EC, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} почвы в районе исследования
 Fig. 3. Distribution maps (I–VIII) of EC, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} of soil in the study area

Самые низкие и средние значения Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} и EC почвы преимущественно связаны с современным лагунным рельефом в западной части исследуемой области, расположенной между современным барьером (вблизи береговой линии реки) и старым барьером. Напротив, самые высокие значения EC сосредоточены в прибрежной равнине и реликтовых формах лагунного рельефа, расположенных в центральной и юго-восточной частях исследуемой области. Существует сильное соответствие между распределением EC и моделями Na^+ и Cl^- , за которыми следуют K^+ , Mg^{2+} и SO_4^{2-} ; эти результаты согласуются с метриками проверки, детализируют коэффициенты корреляции, относительные процентные различия (RPD) и среднеквадратические ошибки (RMSE), полученные с использованием как линейных (MLR, PLSR), так и нелинейных (ANN, SVM) алгоритмов.

Превосходная производительность моделей SVM и ANN при захвате сложных взаимосвязей между EC почвы и содержанием ионов дополнительно подтверждает эти наблюдения. Наши результаты показывают, что алгоритм машины опорных векторов (SVM) обеспечил более точные прогнозы электропроводности почвы (EC) и связанных катионов и анионов с использованием спектральных данных Landsat 8 по сравнению с моделями искусственных нейронных сетей (ANN), множественной линейной регрессии (MLR) и регрессии методом частичных наименьших квадратов (PLSR). Средний показатель электропроводности почвы в точках отбора проб составил приблизительно $45 \text{ дС} \cdot \text{м}^{-1}$, что соответствует пространственным закономерностям распределения, наблюдаемым на созданных картах, особенно в регионах, представленных зелеными и синими цветовыми кодами (см. легенду карты). Ре-

зультаты нашей проверки показывают, что модели SVM и ANN обеспечивают превосходную производительность, при этом значения относительной процентной разницы (RPD) превышают 1,1, что указывает на хорошую надежность модели. Напротив, модели MLR и PLSR, которые имели значения RPD ниже 1,1, были менее эффективны при оценке ЕС почвы, по данным Landsat 8. Значения среднеквадратической ошибки (RMSE) также указывают

на более низкие ошибки прогнозирования для SVM и ANN по сравнению с линейными моделями, MLR и PLSR (рис. 3). Кроме того, значения коэффициента детерминации (R^2) для нелинейных моделей (SVM и ANN) были значительно выше, чем у линейных моделей, что подтверждает улучшенные прогностические возможности нелинейных подходов при учете сложных взаимосвязей между свойствами почвы и спектральными данными (таблица 1).

Таблица 1
Результаты проверки оценок и картирования электропроводности почвы
с использованием различных моделей

Table 1
Results of testing estimates and mapping of soil electrical conductivity using different models

		RMSE TEST	RMSE TRAIN	RPD TEST	RPD TRAIN	R^2 TEST	R^2 TRAIN
SVM	EC	27,35	24,62	1,18	1,29	0,36	0,46
	Na ⁺	236,83	283,97	1,19	1,11	0,45	0,29
	K ⁺	2,28	3,27	1,48	1,31	0,64	0,48
	Ca ²⁺	16,71	14,01	1,97	1,13	0,26	0,30
	Mg ²⁺	195,50	164,68	1,05	1,13	0,17	0,37
	Cl ⁻	195,50	164,68	1,05	1,13	0,25	0,44
	CO ₃ ²⁻	0,26	0,29	1,44	1,35	0,69	0,52
	HCO ₃ ⁻	0,60	0,86	1,26	1,14	0,42	0,36
	SO ₄ ²⁻	42,27	38,82	1,14	1,15	0,40	0,31
ANN	EC	27,69	25,85	1,17	1,23	0,27	0,34
	Na ⁺	237,14	257,17	1,19	1,22	0,29	0,34
	K ⁺	2,43	2,99	1,39	1,20	0,51	0,32
	Ca ²⁺	25,96	13,60	1,20	1,16	0,36	0,26
	Mg ²⁺	193,48	155,53	1,06	1,20	0,12	0,31
	Cl ⁻	361,58	217,52	1,11	1,44	0,22	0,52
	CO ₃ ²⁻	0,35	0,35	1,06	1,19	0,12	0,15
	HCO ₃ ⁻	0,58	0,82	1,30	1,20	0,43	0,31
	SO ₄ ²⁻	42,30	41,44	1,14	1,07	0,28	0,14
MLR	EC	30,70	30,82	1,06	1,03	0,11	0,06
	Na ⁺	269,84	301,14	1,04	1,04	0,08	0,08
	K ⁺	3,13	3,60	1,08	1,00	0,15	0,01
	Ca ²⁺	26,04	15,70	0,99	1,00	0,02	0,02
	Mg ²⁺	203,42	180,68	1,01	1,03	0,03	0,06
	Cl ⁻	203,42	180,68	1,01	1,03	0,01	0,13
	CO ₃ ²⁻	0,37	0,32	1,02	1,00	0,14	0,12
	HCO ₃ ⁻	0,70	0,97	1,07	1,02	0,23	0,04
	SO ₄ ²⁻	46,08	43,47	1,04	1,02	0,10	0,05
PLSR	EC	30,95	30,96	1,05	1,02	0,10	0,05
	Na ⁺	278,97	307,53	1,01	1,02	0,03	0,05
	K ⁺	3,13	3,60	1,08	1,00	0,15	0,01
	Ca ²⁺	26,04	15,70	0,99	1,00	0,02	0,02
	Mg ²⁺	203,42	180,68	1,01	1,03	0,03	0,06
	Cl ⁻	414,95	297,49	0,97	1,05	0,07	0,11
	CO ₃ ²⁻	0,37	0,329	1,01	1,00	0,11	0,01
	HCO ₃ ⁻	0,75	0,99	1,00	1,00	0,06	0,01
	SO ₄ ²⁻	46,08	43,47	1,04	1,023	0,097	0,05

Эффективность цифрового картирования почв (DSM) при создании карт свойств почв по категориям зависит от нескольких факторов, включая экономическую эффективность, разрешение выборки, точность модели и выбранный масштаб картирования. Исследуемая территория вдоль юго-восточного побережья реки Куры демонстрирует высокий уровень солености, что классифицирует ее как очень засоленный регион. Сельскохозяйственная деятельность в этой области в значительной степени зависит от эффективных мер по дренажу и рекультивации почвы, а также от выращивания солеустойчивых культур, таких как ячмень. Полевые наблюдения подтвердили, что ячмень, выращиваемый на богарных землях, является доминирующей культурой, что соответствует традиционной практике местных общин, включая зависимость от разведения скота и птиц для получения средств к существованию. Деградация земель, вызванная засолением почвы, наводнениями и чрезмерным использованием полей, является существенным фактором, снижающим продуктивность почвы в регионе.

В этом исследовании подчеркивается влияние прибрежных форм рельефа на модели электропроводности почвы (ЕС) и продуктивность. С использованием Geopedological Definition System (GDS) и геопедологического подхода Цинка были выявлены шесть различных форм рельефа, включая лагуны, лагунные отложения, барьеры и прибрежные равнины. Эти формы рельефа демонстрируют четкую связь между геоморфологическими процессами и ЕС почвы.

Лагунные формы рельефа, определяемые как мелкие водоемы, отделенные от реки барьерами, как было обнаружено, содержат почвы с повышенной соленостью. Это наблюдение согласуется с результатами исследования, которые показали высокие значения ЕС в этих областях. Барьеры и барьерные отмели, описанные как субазральные и пологие формы рельефа, прилегающие к лагунам, показали повышенные уровни ЕС на своих краях с резким снижением в пределах барьерных отмелей, вероятно, из-за движения осадков и процессов выщелачивания. Эти результаты свидетельствуют о том, что динамическое взаимодействие геоморфологических процессов и переноса речной воды значительно влияет на распределение ЕС. Самые высокие уровни ЕС наблюдались в прибрежных равнинах и лагунных реликтовых формах рельефа, которые представляют собой остатки старых лагун. Эти объекты остаются в значительной степени незахороненными, сохраняя соленые характеристики своей исторической среды.

Сходство в моделях распределения ЕС между лагунными отложениями и этими формами рельефа подчеркивает критическую роль прошлых гидрологических и геоморфологических условий. Лагун-

ные отложения, в основном состоящие из песка, ила или глины, переносимых ветром, потоками и течениями, отлагались в низкоэнергетических соленых средах. Наблюдаемое соответствие моделей ЕС в этих отложениях с моделями в прибрежных равнинах и лагунных реликтах усиливает связь между генезисом рельефа и засоленностью почвы. Анализ главных компонентов (РСА) выявил Cl^- и Na^+ основными факторами, вносящими вклад в ЕС почвы, демонстрируя самые сильные корреляции. Эти результаты подчеркивают доминирующую роль солей NaCl в обеспечении засоленности в регионе. Умеренные корреляции между K^+ , Mg^{2+} и SO_4^{2-} с ЕС предполагают дополнительное влияние солей, таких как KCl . Сильная связь между Mg^{2+} и Cl^- дополнительно указывает на значительное влияние Mg^{2+} на засоление почвы, превосходящее влияние Ca^{2+} , который показал самую низкую корреляцию среди исследованных катионов. Незначительные или отрицательные корреляции CO_3^{2-} и HCO_3^- с ЕС подтверждают их ограниченную роль в динамике засоления в этой области, что согласуется с доминированием солей на основе хлоридов.

Исследование подтвердило эффективность алгоритмов DSM при картировании засоленности почвы и связанных с ней свойств с использованием спектральных данных Landsat-8. Среди оцененных моделей алгоритм Support Vector Machine (SVM) продемонстрировал превосходную точность в прогнозировании ЕС почвы и концентраций катионов/анионов, превзойдя модели ANN, MLR и PLSR. Это было очевидно из более высоких значений R^2 и RPD и более низких оценок RMSE для SVM и ANN по сравнению с более низкой производительностью MLR и PLSR. Эти результаты согласуются с предыдущими исследованиями, подчеркивающими преимущества нелинейных моделей в захвате сложных взаимодействий почвы и окружающей среды. Способность алгоритма SVM точно предсказывать ЕС и модели распределения ионов подчеркивает его эффективность для картирования почв в засоленных средах.

Наблюдаемые пространственные закономерности в распределении ЕС и ионов в почве подчеркивают необходимость целевых стратегий рекультивации в прибрежных рельефах. Высокие уровни солености в лагунных отложениях и прибрежных равнинах требуют целенаправленных вмешательств, таких как улучшение дренажа и меры по снижению солености. Напротив, барьерные отмели и современные лагуны с относительно более низкой соленостью представляют возможности для выращивания солеустойчивых культур, таких как ячмень. Интегрируя геоморфологический анализ с результатами DSM, это исследование дает действенные сведения о пространственной изменчивости солености почвы. Эти результаты могут служить руководством для устойчивых методов управления

земельными ресурсами, способствуя повышению производительности почвы и охране окружающей среды в уязвимых прибрежных сельскохозяйственных системах.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Это исследование подчеркивает важность понимания динамики засоления почвы в прибрежных регионах, особенно в юго-восточной части реки, где засоление создает значительные проблемы для сельскохозяйственной производительности и экологической устойчивости. Исследование подтверждает, что электропроводность почвы (ЕС) является надежным индикатором засоления, причем основными факторами являются хлорид (Cl^-) и натрий (Na^+). Вторичное влияние калия (K^+), магния (Mg^{2+}) и сульфата (SO_4^{2-}) еще больше подчеркивает сложные взаимодействия между почвенными ионами в формировании моделей засоления. Результаты показывают отчетливую пространственную изменчивость ЕС почвы, связанную с геоморфологическими процессами и характеристиками рельефа. Лагунные отложения, прибрежные равнины и реликтовые формы рельефа лагун демонстрируют самые высокие уровни засоления, что отражает их восприимчивость к вторжению соленой воды и историческим геоморфологическим условиям. Напротив, барьерные отмели и современные лагуны демонстрируют более низкие уровни солености, предлагая потенциал для устойчивых методов ведения сельского хозяйства. С точки зрения мето-

дологии исследование подчеркивает превосходство нелинейных подходов к моделированию, в частности алгоритма опорной векторной машины (SVM), в прогнозировании распределения ЕС почвы и ионов с использованием спектральных данных Landsat-8. SVM превзошел другие модели, включая искусственные нейронные сети (ANN), множественную линейную регрессию (MLR) и регрессию с использованием частичных наименьших квадратов (PLSR), о чем свидетельствуют более высокие значения R^2 , более низкие баллы RMSE и лучшие значения относительной процентной разницы (RPD). Эти результаты подтверждают полезность нелинейных моделей для фиксации сложных взаимодействий почвы и окружающей среды в цифровом картировании почв (DSM). Последствия для управления земельными ресурсами очевидны: эффективные стратегии смягчения засоления должны быть нацелены на зоны высокого риска, такие как лагунные отложения и прибрежные равнины, посредством улучшения дренажа и мер по рекультивации почвы. Между тем более низкая засоленность в барьерных отмелях и современных лагунах способствует выращиванию солеустойчивых культур, таких как ячмень. Интегрируя геоморфологический анализ с результатами DSM, это исследование обеспечивает надежную основу для решения проблем засоления почвы, позволяя применять более обоснованные и устойчивые методы землепользования в прибрежных сельскохозяйственных системах.

Библиографический список

1. Abdullahi M. B., Elnaggar A. A., Omar M. M., Murtala A., Lawal M., Mosa A. A. Land degradation, causes, implications and sustainable management in arid and semi-arid regions: a case study of Egypt // *Egyptian Journal of Soil Science*. 2023. Vol. 63, No. 4. DOI: 10.21608/ejss.2023.230986.1647.
2. Aliev Z. H. Comprehensive approach of the decision existing problems of protection and stabilization of water and soil resources in Azerbaijan // *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*. 2021. Vol. 12, No. 2. Pp. 65–68. DOI: 10.26717/BJSTR.2018.06.001358.
3. Bai Y., Wang G., Cheng Y., Shi P., Yang C., Yang H., Xu Z. Soil acidification in continuously cropped tobacco alters bacterial community structure and diversity via the accumulation of phenolic acids // *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. Article number 12499. DOI: 10.1038/s41598-019-48611-5.
4. Bunyatova L. N., Mammadova G. I., Hasanova T. A., Gahramanova A. Y., Akhundova S. M., Alakbarli G. Y. Main eco-properties of hazelnut (*Corylus avellana* L.) on the Sheki-Zagatala economic region // *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2025. Vol. 14, No. 1. Pp. 209–216. DOI: 10.11591/ijaas.v14.i1.pp77-85.
5. FAO and UNEP. 2020. The state of the world's forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome, 2019. 214 p. DOI: 10.4060/ca8642en.
6. Ewing J., Oommen T., Jayakumar P., Alger R. Utilizing Hyperspectral Remote Sensing for Soil Gradation // *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12, No. 20. 3312. DOI: 10.3390/rs12203312.
7. Гасанова Т. А. Агроэкология почв Гейчайского района Азербайджана // *Бюллетень науки и практики*. 2022. Т. 7, № 11. С. 132–137. DOI: 10.33619/2414-2948/72/16.
8. Mammadzada V. T., Aliyeva M. M., Rzayeva A. L., Nasirova A. I., Mammadova R. N. Soil bioactivity study through innovative approaches in Lankaran – Astara Region, Azerbaijan // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2025. Vol. 57, No. 3. Pp. 1180–1191. DOI: 10.54910/sabrao2025.57.3.29.
9. Hasanova T., Mirzezadeh R., Asgarova G. Comprehensive studies of Greater Caucasus river valleys soils // *EUREKA: Life Sciences*, 2025. Vol. 1, No. 1. Pp. 11–18. DOI: 10.21303/2504-5695.2025.003654.
10. Hasanova T. A., Asgarova G. F. Soil studies of mountain-forest soils of the Lesser Caucasus // *Vestnik of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2024. Vol. 1, No. 4. Pp. 32–37.

11. Hasanova T. A., Mammadova G. I., Asgarova G. F. Phytomass of gray-brown soils forming in arid ecosystem of Azerbaijan // *Bulletin of Science and Practice*. 2021. Vol. 7, No. 9. Pp. 110–115. DOI: 10.33619/2414-2948/70.
12. Hasanova T. A., Mammadova G. I., Bunyatova L. N., Gahramanova A. Y. Importance of biodiagnosics and irrigation grey-brown soils // *Universal Journal of Agricultural Research*. 2021. Vol. 9, No. 3. Pp. 63–69. DOI: 10.13189/ujar.2021.090301.
13. Ismayilova A. A., Shukurov S. Kh., Hasanaliyeva L. H., Osmanova S. F., Asgarova G. F., Hasanova T. A. Modern soil cover of natural cenoses and agrosenoses landscapes of the Kur-Araz plain // *Advances in Biology & Earth Sciences*. 2025. Vol. 10, No. 2. Pp. 314–325. DOI: 10.62476/abes.102314.
14. Macnunlu K., Hasanova Baba-zade R., Hasanova T. Ecological sustainability of agroecosystem and productivity assessment in the Barda area using NDVI and SAVI // *Advances in Biology & Earth Sciences*. Jomard publishing. 2025. Vol. 10, No. 1. Pp. 148–157. DOI: 10.62476/abes.101148.
15. Mammadzada V. T., Aliyeva M. M., Rzayeva A. L., Nasirova A. I., Mammadova R. N. Soil bioactivity study through innovative approaches in Lankaran – Astara Region, Azerbaijan // *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2025. Vol. 57, No. 3. Pp. 1180–1191. DOI: 10.54910/sabrao2025.57.3.29.
16. McBratney A. B., Santos M. M., Minasny B. On digital soil mapping // *Journal Geoderma*. 2003. Vol. 117, No. 1. Pp. 3–52.
17. Nasirova A. I., Aliyeva M. M., Mammadova R. N., Hasanova T. A. Bioecological edificators of gray-brown soils in Ganja-Gazakh massif (Azerbaijan) // *Environment and Ecology Research*, 2022. Vol. 10, No. 3. Pp. 392–397. DOI: 10.13189/eer.2022.100307.
18. Nelson M., Odeh I. Digital soil class mapping using legacy soil profile data: a comparison of a genetic algorithm and classification tree approach // *Soil Restoration*, 2019. Vol. 47, No. 6. Pp. 632–649.
19. Rowell D. L. *Soil science: methods & applications*. 1st edition. Longman Scientific & Technical; Wiley, Harlow publ. London, UK, 1999. 368 p. DOI: 10.4324/9781315844855.
20. Mercado-Blanco J., Abrantes I., Barra Caracciolo A., Bevivino A., Ciancio A., Grenni P., Hryniewicz K., Kredics L., Proença D. N. Belowground microbiota and the health of tree crops // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Article number 1006. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01006.
21. Talibi S. M., Hasanova T. A. Environmentally significant indicators of mountain meadow soils in Azerbaijan // *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2022. Vol. 57, No. 1. Pp. 102–107. DOI: 10.36906/2311-4444/22-1/11.
22. Zhang Z., Ren J., Wang Y., & Zhou H. Study on the EC prediction of cracked soda saline-alkali soil based on texture analysis of high-resolution images from ground-based observation and machine learning methods // *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 244. Article number 06234. DOI: 10.1016/j.still.2024.106234.

Об авторах:

Анара Ихтияровна Насирова, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биологии почв, Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджанская Республика; ORCID 0009-0008-1916-3535.

E-mail: anara.nasirova@inbox.ru

Тюркан Аллахвердиевна Гасанова, кандидат аграрных наук, доцент, Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджанская Республика; ORCID 0000-0002-5040-2599.

E-mail: turkanhesenova@mail.ru

Гюнель Фархадовна Аскерова, научный сотрудник лаборатории генезиса, географии и картографии почв, Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджанская Республика; ORCID 0009-0008-3598-1597. E-mail: asgerovagunel3@gmail.com

Назифа Алиевна Абасова, преподаватель кафедры физической географии, Бакинский государственный университет, Баку, Азербайджанская Республика; ORCID 0009-0005-9781-6472.

E-mail: asgarova.g@mail.ru

References

1. Abdullahi M. B., Elnaggar A. A., Omar M. M., Murtala A., Lawal M., Mosa A. A. Land degradation, causes, implications and sustainable management in arid and semi-arid regions: a case study of Egypt. *Egyptian Journal of Soil Science*. 2023; 63 (4). DOI: 10.21608/ejss.2023.230986.1647.
2. Aliev Z. H. Comprehensive approach of the decision existing problems of protection and stabilization of water and soil resources in Azerbaijan. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*. 2021; 12 (2): 65–68. DOI: 10.26717/BJSTR.2018.06.001358.
3. Bai Y., Wang G., Cheng Y., Shi P., Yang C., Yang H., Xu Z. Soil acidification in continuously cropped tobacco alters bacterial community structure and diversity via the accumulation of phenolic acids. *Scientific Reports*. 2019; 9: 12499. DOI: 10.1038/s41598-019-48611-5.

4. Bunyatova L. N., Mammadova G. I., Hasanova T. A., Gahramanova A. Y., Akhundova S. M., Alakbarli G. Y. Main eco-properties of hazelnut (*Corylus avellana* L.) on the Sheki-Zagatala economic region. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*. 2025; 14 (1): 209–216. DOI: 10.11591/ijaas.v14.i1.pp77-85.
5. FAO and UNEP. 2020. The state of the world's forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome, 2019. 214 p. DOI: 10.4060/ca8642en.
6. Ewing J., Oommen T., Jayakumar P., Alger R. Utilizing Hyperspectral Remote Sensing for Soil Gradation. *Remote Sensing*. 2020; 12 (20): 3312. DOI: 10.3390/rs12203312.
7. Hasanova T. A. Agroecology of soils of Goychay district of Azerbaijan. *Bulletin of Science and Practice*. 2022; 7 (11): 132–137. DOI: 10.33619/2414-2948/72/16. (In Russ).
8. Mammadzada V. T., Aliyeva M. M., Rzayeva A. L., Nasirova A. I., Mammadova R. N. Soil bioactivity study through innovative approaches in Lankaran – Astara Region, Azerbaijan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2025; 57 (3): 1180–1191. DOI: 10.54910/sabrao2025.57.3.29.
9. Hasanova T., Mirzezadeh R., Asgarova G. Comprehensive studies of Greater Caucasus river valleys soils. *EUREKA: Life Sciences*. 202; 1 (1): 11–18. DOI: 10.21303/2504-5695.2025.003654.
10. Hasanova T. A., Asgarova G. F. Soil studies of mountain-forest soils of the Lesser Caucasus. *Vestnik of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2024; 1 (4): 32–37.
11. Hasanova T. A., Mammadova G. I., Asgarova G. F. Phytomass of gray-brown soils forming in arid ecosystem of Azerbaijan. *Bulletin of Science and Practice*. 2021; 7 (9): 110–115. DOI: 10.33619/2414-2948/70.
12. Hasanova T. A., Mammadova G. I., Bunyatova L. N., Gahramanova A. Y. Importance of biodiagnostics and irrigation grey-brown soils. *Universal Journal of Agricultural Research*. 2021; 9 (3): 63–69. DOI: 10.13189/ujar.2021.090301.
13. Ismayilova A. A., Shukurov S. Kh., Hasanaliyeva L. H., Osmanova S. F., Asgarova G. F., Hasanova T. A. Modern soil cover of natural cenoses and agrosenoses landscapes of the Kur-Araz plain. *Advances in Biology & Earth Sciences*. 2025; 10 (2): 314–325. DOI: 10.62476/abes.102314.
14. Macnunlu K., Hasanova Baba-zade R., Hasanova T. Ecological sustainability of agroecosystem and productivity assessment in the Barda area using NDVI and SAVI. *Advances in Biology & Earth Sciences*. 2025; 10 (1): 148–157. DOI: 10.62476/abes.101148.
15. Mammadzada V. T., Aliyeva M. M., Rzayeva A. L., Nasirova A. I., Mammadova R. N. Soil bioactivity study through innovative approaches in Lankaran – Astara Region, Azerbaijan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2025; 57 (3): 1180–1191. DOI: 10.54910/sabrao2025.57.3.29.
16. McBratney A. B., Santos M. M., Minasny B. On digital soil mapping. *Journal Geoderma*. 2003; 117 (1): 3–52.
17. Nasirova A. I., Aliyeva M. M., Mammadova R. N., Hasanova T. A. Bioecological edificators of gray-brown soils in Ganja-Gazakh massif (Azerbaijan). *Environment and Ecology Research*. 2022; 10 (3): 392–397. DOI: 10.13189/eer.2022.100307.
18. Nelson M., Odeh I. Digital soil class mapping using legacy soil profile data: a comparison of a genetic algorithm and classification tree approach. *Soil Restoration*. 2019; 47 (6): 632–649.
19. Rowell D. L. Soil science: methods & applications. 1st edition. Longman Scientific & Technical; Wiley, Harlow publ. London, UK, 1999. 368 p. DOI: 10.4324/9781315844855.
20. Mercado-Blanco J., Abrantes I., Barra Caracciolo A., Bevivino A., Ciancio A., Grenni P., Hryniewicz K., Kredics L., Proença D. N. Belowground microbiota and the health of tree crops. *Frontiers in Microbiology*. 2018; 9: 1006. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01006.
21. Talibi S. M., Hasanova T. A. Environmentally significant indicators of mountain meadow soils in Azerbaijan. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2022; 57 (1): 102–107. DOI: 10.36906/2311-4444/22-1/11.
22. Zhang Z., Ren J., Wang Y., Zhou H. Study on the EC prediction of cracked soda saline-alkali soil based on texture analysis of high-resolution images from ground-based observation and machine learning methods. *Soil and Tillage Research*. 2024; 244: 06234. DOI: 10.1016/j.still.2024.106234.

Authors' information:

Anara I. Nasirova, PhD in biology, associate professor, leading researcher at the soil biology laboratory, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan; ORCID 0009-0008-1916-3535. E-mail: anara.nasirova@inbox.ru

Turkan A. Hasanova, PhD in agrarian sciences, associate professor, Baku State University, Baku, Republic of Azerbaijan; ORCID 0000-0002-5040-2599. E-mail: turkanhesenova@mail.ru

Gunel F. Asgarova, researcher at the laboratory of soil genesis, geography and cartography, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan; ORCID 0009-0008-3598-1597. E-mail: asgerovagunel3@gmail.com

Nazifa A. Abasova, lecturer in the department of physical geography, Baku State University, Baku, Republic of Azerbaijan; ORCID 0009-0005-9781-6472. E-mail: asgarova.g@mail.ru

Метаболизм и продуктивность молодняка свиней при использовании в рационе люпина желтого

Н. В. Гапонов

Всероссийский НИИ люпина – филиала ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» п. Мичуринский, Брянская область, Россия

E-mail: nv.1000@bk.ru

Аннотация. Цель – изучить влияние желтого люпина без оболочки сорта Булат, используемого в качестве источника растительного протеина в рационах, на переваримость питательных веществ, азотистый баланс, биохимический состав крови и параметры продуктивности молодняка свиней. **Научная новизна.** В данном исследовании рассматривается перспектива использования низкоалкалоидного желтого люпина (*Lupinus luteus* L.) без оболочки сорта Булат в качестве полноценной альтернативы соевым и высокопротеиновым кормам растительного и животного происхождения при составлении рационов для молодняка свиней. **Методы исследования.** Установлено, что включение желтого люпина в состав рационов молодняка свиней позволяет снизить или заменить соевые корма в опытных группах 2, 3 и 4 на 33,3 %, 60 % и 100 % соответственно. **Результаты.** Результаты исследований подтверждается, что декортикация позволяет в большем объеме заменить высокопротеиновые корма растительного и животного происхождения желтым люпином. Экспериментальные данные указывают на то, что наибольшая продуктивность отмечалась у молодняка свиней опытных групп: в группах 2, 3 и 4 среднесуточные приросты были выше по сравнению с контрольной группой на 6,01 %, 10,54 % и 14,7 % соответственно. В процессе изучения затрат кормов и питательных веществ на получение прироста было установлено, что наименьшие затраты на получение единицы продукции наблюдались в опытных группах. Затраты обменной энергии во 2-й опытной группе по сравнению с контрольной были ниже на 6,08 %, в 3-й – на 10,26 %, а в 4-й – на 13,76 %. Подобная закономерность наблюдается и в затратах на корма: в группах 2, 3 и 4 они были меньше на 5,67 %, 9,54 % и 12,82 % соответственно. В балансовом эксперименте было установлено, что эффективность усвоения азота была максимальной у подопытных животных при расчете от принятого корма: во 2-й опытной группе – на 4,20 % выше, в 3-й группе – на 6,10 %, а в 4-й – на 8,21 %. Усвоение азота от переваренного корма составило во 2-й опытной группе 3,65 %, в 3-й – 5,32 %, а в 4-й – 7,03 % соответственно. Коэффициенты переваримости сырого протеина были выше в опытных группах (группах 2, 3 и 4) на 2,2 %, 3,1 % и 4,21 %.

Ключевые слова: люпин желтый, конверсия, ретенция, экскреция, баланс азота, биомаркер, аминотрансфераза

Для цитирования: Гапонов Н. В. Метаболизм и продуктивность молодняка свиней при использовании в рационе люпина желтого // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1209–1221. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1209-1221>.

Дата поступления статьи: 01.07.2025, **дата рецензирования:** 04.07.2025, **дата принятия:** 16.07.2025.

Metabolism and productivity of young pigs when using yellow lupine in the diet

N. V. Gaponov

All-Russian Lupine Scientific Research Institute – a branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Michurinskiy settlement, Bryansk region, Russia

E-mail: nv.1000@bk.ru

Abstract. The purpose is to study the effect of yellow lupine without a shell of the Bulat variety, used as a source of vegetable protein in diets, on the digestibility of nutrients, nitrogen balance, biochemical composition of blood and productivity parameters of young pigs. **Scientific novelty.** This study examines the prospect of using low-alkaloid yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) without a Bulat shell as a full-fledged alternative to soy and high-protein feeds of plant and animal origin in the preparation of diets for young pigs. **Research methods.** It was found that the inclusion of yellow lupine in the diets of young pigs makes it possible to reduce or replace soy feeds in experimental groups 2, 3 and 4 by 33.3 %, 60 % and 100 %, respectively. **Results.** The research results confirm that decortication makes it possible to replace high-protein feeds of plant and animal origin with yellow lupine to a greater extent. Experimental data indicate that the highest productivity was observed in young pigs of the experimental groups: in groups 2, 3 and 4, the average daily gains were higher than in the control group by 6.01 %, 10.54 % and 14.7 %, respectively. In the process of studying the cost of feed and nutrients to obtain an increase, it was found that the lowest cost of obtaining a unit of production was observed in the experimental groups. The exchange energy costs in the 2nd experimental group were 6.08 % lower than in the control group, 10.26 % lower in the 3rd experimental group, and 13.76 % lower in the 4th experimental group. A similar pattern is observed in feed costs: in groups 2, 3, and 4, they were 5.67 %, 9.54 %, and 12.82 % lower, respectively. In the balance experiment, it was found that the efficiency of nitrogen assimilation was maximal in experimental animals when calculating the amount of feed taken: in the 2nd experimental group – by 4.20 % higher, in the 3rd group – by 6.10 %, and in the 4th – by 8.21 %. Nitrogen absorption from digested feed was 3.65 % in the 2nd experimental group, 5.32 % in the 3rd, and 7.03 % in the 4th, respectively. The coefficients of digestibility of crude protein were higher in the experimental groups (groups 2, 3 and 4) by 2.2 %, 3.1 % and 4.21 %.

Keywords: yellow lupine, conversion, retention, excretion, nitrogen balance, biomarker, aminotransferase

For citation: Gaponov N. V. Metabolism and productivity of young pigs when using yellow lupine in the diet. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1209–1221. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1209-1221>. (In Russ.)

Date of paper submission: 01.07.2025, **date of review:** 04.07.2025, **date of acceptance:** 16.07.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Ключевым условием для раскрытия генетической предрасположенности молодняка свиней к высокой продуктивности по-прежнему является полноценный и сбалансированный рацион. Несмотря на достигнутые успехи в сферах физиологии и биохимии кормления, задача оптимизации рационов для свиней с применением белковых кормов остается весьма актуальной. Для ее эффективного решения необходимо внедрение новых методов, сосредоточенных на поиске как традиционных, так и нетрадиционных источников протеина, а также на увеличении эффективности использования высокобелковых и энергоемких кормов [1–3]. В современных условиях лишь комплексный подход к вопросам питания свиней в различных регионах страны может обеспечить высокую биологическую полноценность рационов, что, в свою очередь, способствует увеличению их продуктивности. Основой

такой системы служат принципы рационального использования кормов собственного производства, использование как привычных, так и малоизученных кормовых средств, а также разработка новых белковых добавок [4–6].

В условиях интенсивного производства свинины ключевым фактором является достаточное обеспечение рационов кормления протеином. Потребность в протеине увеличивается настолько быстро, что покрыть ее исключительно за счет расширения объемов традиционных белковых кормов становится сложно. В последние годы ситуация осложняется не только увеличением потребности в белке для свиней, но и ограничениями, связанными с традиционными источниками кормов, такими как соя и другие растительные протеины, что требует поиска новых подходов и решений. В связи с этим важность исследования данной проблематики сегодня общепризнана. Требуется расширить и углубить

эти работы, опираясь на новую теоретическую базу, с учетом особенностей развития кормопроизводства в конкретных регионах [7–9]. Климатические условия большинства российских регионов не способствуют эффективному возделыванию сои, которая является важным компонентом комбикормов для молодняка свиней. Объемы производства сои на Дальнем Востоке, в Краснодарском крае и южных регионах не способны удовлетворить растущие потребности свиноводства в этом важном белковом сырье. В качестве альтернативы в кормопроизводстве начали использовать отечественные низкоалкалоидные сорта люпина желтого, который может содержать до 45 % протеина. Однако, для того чтобы эффективно заменить традиционные источники кормового белка люпином, необходимо тщательно изучить влияние каждого потенциального сорта этой культуры на продуктивность и здоровье свиней, что позволит открыть широкие перспективы для создания новых теоретических и практических подходов к эффективному использованию протеина люпина в свиноводстве [10; 11].

Повышенная урожайность и возможность выращивания люпина в регионах, где не культивируют сою или где ее урожайность невысока, вызывают растущий интерес к люпину желтому на фоне проблемы нехватки белка для кормления молодняка свиней. В стране разработаны отечественные сорта люпина с низким содержанием алкалоидов, которые могут использоваться в качестве замены соевым продуктам (жмыхам, шротам) в кормопроизводстве, так как люпин значительно обогащен белком и аминокислотами по сравнению с другими зернобобовыми. В 1 кг семян люпина желтого в среднем около 450 г протеина, а также необходимое количество аминокислот: 17,2 г треонина, 14,4 г лизина, 4,2 г метионина, 14,1 г гистидина, 3,8 г триптофана, 40,0 г аргинина, 31,6 г лейцина, 15,5 г изолейцина и 20,6 г фенилаланина [12–14].

Цель исследования – изучить влияние желтого люпина без оболочки сорта Булат, используемого в качестве источника растительного протеина в рационах, на переваримость питательных веществ, азотистый баланс, биохимический состав крови и параметры продуктивности молодняка свиней.

Методология и методы исследования (Methods)

Нами был осуществлен комплексный научно-хозяйственный и физиологический эксперимент, направленный на изучение биоконверсии кормов на основе желтого люпина и их влияния на продуктивность молодняка свиней. В рамках исследования были сформированы четыре группы молодняка свиней (одна контрольная и три экспериментальные), каждая из которых состояла из 10 голов. Эксперимент проводился на клинически здоровых свиньях крупной белой породы, содержащихся в

условиях хозяйства ООО «Дружба» в Брянской области РФ. Формирование групп осуществлялось по принципу пар-аналогов с учетом таких параметров, как возраст, живая масса, пол и уровень развития животных. Молодняк свиней содержали в одинаковых условиях, соответствующих зоогигиеническим требованиям ГОСТ 28839-2017.

В процессе опыта был использован концентрированный тип кормления в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51899-2002. Условия кормления были следующими: первая контрольная группа молодняка свиней получала стандартный рацион, полностью соответствующий потребностям по всем питательным веществам, согласно рекомендациям [16; 17]. В рацион второй, третьей и четвертой групп добавляли желтый люпин без оболочки в количестве 10 %, 15 % и 20 % соответственно, частично или полностью заменяя соевый шрот и другие высокопротеиновые корма. Схема исследований представлены в таблице 1.

В процессе научно-хозяйственного опыта на молодняке свиней в возрасте от трех до шести месяцев анализировались общий прирост массы, среднесуточное увеличение веса, расход кормов и питательных веществ на единицу прироста. Условия содержания молодняка свиней во всех группах были одинаковыми. В завершение опыта был проведен физиологический балансовый эксперимент, по результатам которого были определены коэффициенты усвояемости питательных веществ, азотный баланс, а также исследованы биохимические показатели крови.

Физиологический опыт был разделен на два этапа: первый – подготовительный (5 суток) для исключения влияния предыдущего рациона, второй – учетный (экспериментальный, 5 суток); в течение этого этапа осуществлялся учет потребленного корма, его остатков, а также экскрементов и мочи. Режим кормления молодняка свиней в подопытных группах соответствовал режиму кормления в контрольной группе. Отбор биологического материала осуществлялся ежедневно в строго определенное время (утром и вечером). При каждом отборе для анализа отбирали 50 % гомогенизированной массы экскрементов.

Забор крови для исследований осуществлялся у животных (по 5 особей из каждой группы) из хвостовой вены, в конце опытов в возрасте 6 месяцев. Биохимические исследования сыворотки крови, включавшие определение общего белка, кальция, фосфора и других веществ, осуществлялись в течение первых 2–3 часов после получения образцов с использованием наборов от компании High Technology Inc. (США) на полуавтоматическом анализаторе BioChem SA (США), строго следуя рекомендациям производителя.

Таблица 1
Схема научного опыта

Группа	Структура комбикорма
1 – контроль	ОР – основной рацион хозяйства
2 – опыт	ОР – люпин без оболочки 10 % . Замещены люпином: мука рыбная на 33 %, шрот соевый на 33,3 %, ячмень на 12 %, овес на 8 %, жмых подсолнечный на 30 %, сухое молоко на 14,29 %, масло растительное на 25 %
3 – опыт	ОР – люпин без оболочки 15 % . Замещены люпином: мука рыбная на 50 %, шрот соевый на 60 %, ячмень на 18,75 %, овес на 8,3 %, жмых подсолнечный на 50 %, сухое молоко на 57,14 %, масло растительное на 50 %
4 – опыт	ОР – люпин без оболочки 22 % . Замещены люпином: мука рыбная на 60 %, шрот соевый на 100 %, ячмень на 25 %, овес на 16,6 %, масло растительное на 50 %, сухое молоко на 58,57 %, жмых подсолнечный на 90 %

Table 1
The scheme of scientific experience

Group	The structure of feed recipes
1 – control	BD – basic diet
2 – experienced	BD – lupine without shell 10 % . Replaced with lupine: fish meal by 33 %, soy meal by 33.3 %, barley by 12 %, oats by 8 %, sunflower cake by 30 %, milk powder by 14.29 %, vegetable oil by 25 %
3 – experienced	BD – lupine without shell 15 % . Replaced with lupine: fish meal by 50 %, soy meal by 60 %, barley by 18.75 %, oats by 8.3 %, sunflower cake by 50 %, milk powder by 57.14 %, vegetable oil by 50 %
4 – experienced	BD – lupine without shell 22 % . Replaced with lupine: fish meal by 60 %, soy meal by 100 %, barley by 25 %, oats by 16.6 %, vegetable oil by 50 %, milk powder by 58.57 %, sunflower cake by 90 %

В экспериментах применялся сорт желтого люпина Булат. Содержание сырого протеина в семенах составляет 45 %, алкалоидов – 0,06 %. Для уменьшения количества клетчатки люпин проходил процесс декорткации (удаления внешней оболочки) на дисковой центробежной шелушильной машине ДШЛ-500д, изготовленной компанией «Агропродмаш» (Россия) [18].

Определение химического состава люпина без оболочки, а также разработанных на его основе комбикормов и биологических выделений проводилось по стандартным методикам зооанализа. Первоначальную влагу определяли по ГОСТ Р 57059-2016, сырую клетчатку – по методу Геннеберга и Штомана, сырую золу – по ГОСТ 26226-95, сырой жир – по обезжиренному остатку (ГОСТ 13496.15-2016), протеин – по ГОСТ 13496.4-2019, кальций – осалатным методом (ГОСТ 26570-95), фосфор – колориметрическим (ГОСТ 26657-97), безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – расчетным.

По завершении обработки информации в специализированном программном обеспечении GraphPad Prism 8.0 были вычислены средние значения и соответствующие им стандартные ошибки. Для определения статистической значимости различий между группами применялся однофакторный дисперсионный анализ с последующим использованием апостериорных тестов для множественного сравнения – методов Тьюки и Сидака. Критерием достоверности различий был выбран уровень $p < 0,05$.

Результаты (Results)

Для достижения оптимального баланса питательных веществ в комбикормах и кормовых смесях необходима детальная характеристика питательной ценности основных компонентов. В детализированных нормах кормления сельскохозяйственных животных обычно приводятся сведения о параметрах питательности. Данные о питательности и химическом составе исходного сырья, как правило, включают сведения об уровне обменной энергии, количестве протеина, аминокислотном составе, а также о содержании жира, клетчатки, минеральных веществ и витаминов.

В структуру рациона входили компоненты как животного, так и растительного происхождения. Рационы опытных групп и контрольный рацион были сбалансированы по основным питательным веществам. Включение люпина желтого в структуру рациона позволило частично заместить или полностью заменить соевый шрот и другие высокопротеиновые корма как животного, так и растительного происхождения. Благодаря добавлению люпина желтого без оболочки в рационы опытных групп удалось обеспечить необходимое содержание сырого протеина, аминокислот и обменной энергии. Витамины, а также необходимые макро- и микроэлементы, были восполнены за счет использования премикса и трикальцийфосфата.

Таблица 2
Структура и питательность комбикорма

Показатели	1 контрольная	2 опытная	3 опытная	4 опытная
Люпин желтый Булат, %	0	10	15	22
Пшеница, %	31	33	37	42
Ячмень, %	8	7	6,5	6
Овёс, %	12	11	11	10
Кукуруза, %	14	14	14	14
Соевый шрот, %	15	10	6	0
Подсолнечный жмых, %	10	7	5	1
Рыбная мука (60–65 %), %	3	2	1,5	1,2
Сухое молоко, %	3,5	3	1,5	1,1
Масло растительное, %	2	1,5	1	1
Премикс (КС-3), %	1	1	1	1
Трикальцийфосфат, %	0,3	0,3	0,3	0,4
Соль, %	0,2	0,2	0,2	0,3
Итого	100	100	100	100
В 1 кг комбикорма содержится:				
ЭКЕ	1,38	1,37	1,36	1,37
ОЭ, МДж	13,80	13,74	13,69	13,65
Сырой протеин, г	214,79	215,78	214,96	214,37
Лизин, г	69,91	70,75	71,22	72,24
Метионин + цистин, г	6,12	5,88	5,32	5,77
Триптофан, г	3,47	3,24	3,13	2,93
Сырой жир, г	55,15	43,08	39,86	36,60
Сырая клетчатка, г	37,22	35,85	31,41	30,55
Крахмал, г	421,01	442,96	476,65	514,17
Сахар, г	296,71	279,83	292,61	302,13
Кальций, г	13,86	13,79	12,74	12,75
Фосфор, г	4,60	3,53	2,75	2,79
Магний, г	3,12	3,23	3,34	3,40
Калий, г	5,43	4,14	3,10	3,68
Сера, г	2,91	2,74	2,69	2,55
Железо, мг	64,86	46,92	33,13	31,53
Медь, мг	26,00	24,50	24,79	24,46
Цинк, мг	20,28	18,44	16,66	14,22
Марганец, мг	22,72	22,69	22,74	22,04
Кобальт, мг	23,72	24,34	26,27	28,32
Йод, мг	0,25	0,19	0,16	0,11
Каротин, мг	0,83	0,74	0,63	0,61
Витамин А, тыс. МЕ	180,52	170,61	180,56	188,59
Витамин Д, тыс. МЕ	8,62	6,61	3,85	2,35
Витамин Е, мг	5,74	4,62	3,74	2,54
Витамин В1, мг	8,36	7,85	7,86	7,65
Витамин В2, мг	3,81	3,46	3,27	3,07
Витамин В3, мг	5,40	4,09	3,18	1,74
Витамин В4, мг	486,83	371,92	265,61	123,24
Витамин В5, мг	525,31	516,66	544,69	568,08
Витамин В12, мкг	35,72	32,95	33,00	33,93

Table 2
Nutritional value of complete compound feeds

Indicators	1 control	2 experienced	3 experienced	4 experienced
Yellow lupine Bulat, %	0	10	15	22
Wheat, %	31	33	37	42
Barley, %	8	7	6.5	6
Oats, %	12	11	11	10
Corn, %	14	14	14	14
Soy meal, %	15	10	6	0
Sunflower oil cake, %	10	7	5	1
Fish meal (60–65 %), %	3	2	1.5	1.2
Milk powder, %	3.5	3	1.5	1.1
Vegetable oil, %	2	1.5	1	1
Premix (KS-3), %	1	1	1	1
Tricalcium phosphate, %	0.3	0.3	0.3	0.4
Salt, %	0.2	0.2	0.2	0.3
Total	100	100	100	100
1 kg of compound feed contains:				
EFU	1.38	1.37	1.36	1.37
OE, MJ	13.80	13.74	13.69	13.65
Crude protein, g	214.79	215.78	214.96	214.37
Lysine, g	69.91	70.75	71.22	72.24
Methionine + cystine, g	6.12	5.88	5.32	5.77
Tryptophan, g	3.47	3.24	3.13	2.93
Raw fat, g	55.15	43.08	39.86	36.60
Crude fiber, g	37.22	35.85	31.41	30.55
Starch, g	421.01	442.96	476.65	514.17
Sugar, g	296.71	279.83	292.61	302.13
Calcium, g	13.86	13.79	12.74	12.75
Phosphorus, g	4.60	3.53	2.75	2.79
Magnesium, g	3.12	3.23	3.34	3.40
Potassium, g	5.43	4.14	3.10	3.68
Sulfur, g	2.91	2.74	2.69	2.55
Iron, mg	64.86	46.92	33.13	31.53
Honey, mg	26.00	24.50	24.79	24.46
Zinc, mg	20.28	18.44	16.66	14.22
Manganese, mg	22.72	22.69	22.74	22.04
Cobalt, mg	23.72	24.34	26.27	28.32
Iodine, mg	0.25	0.19	0.16	0.11
Carotene, mg	0.83	0.74	0.63	0.61
Vitamin A, thousand IU	180.52	170.61	180.56	188.59
Vitamin D, thousand IU	8.62	6.61	3.85	2.35
Vitamin E, mg	5.74	4.62	3.74	2.54
Vitamin B1, mg	8.36	7.85	7.86	7.65
Vitamin B2, mg	3.81	3.46	3.27	3.07
Vitamin B3, mg	5.40	4.09	3.18	1.74
Vitamin B4, mg	486.83	371.92	265.61	123.24
Vitamin B5, mg	525.31	516.66	544.69	568.08
Vitamin B12, mcg	35.72	32.95	33.00	33.93

Интенсивность метаболических процессов организма в постэмбриогенезе определяется скоростью роста как важнейшим показателем. Одним из главных критериев, отражающих развитие молодняка свиней, является их живая масса, которая

напрямую зависит от качества и сбалансированности кормов. На основе среднесуточного прироста рассчитываются показатели, характеризующие скорость роста животных за определенный период. Экспериментальные данные свидетельствуют о

том, что включение в рацион молодняка свиней люпина желтого без оболочки оказывает благотворное влияние на увеличение их живой массы (таблица 3). Наибольшая продуктивность отмечалась у молодняка свиней опытных групп: в 2-й опытной группе среднесуточные приросты были выше по сравнению с контрольной на 6,01 %, в 3-й опытной – на 10,54 %, в 4-й – на 14,7 %.

В свиноводстве основное внимание уделяется увеличению объемов производства свинины высокого качества при одновременном стремлении снизить расход кормов на получение единицы продукции. В процессе изучения затрат кормов и питательных веществ на получение прироста было

установлено, что наименьшие затраты на получение единицы продукции были в опытных группах. Затраты обменной энергии во 2-й опытной группе по сравнению с контрольной были ниже на 6,08 %, в 3-й опытной – на 10,26 %, а в 4-й опытной – на 13,76 %. Затраты сырого протеина на 1 кг прироста во 2-й опытной группе были меньше на 5,23 %, в 3-й – на 9,47 %, а в 4-й – на 12,99 %. Затраты переваримого протеина во 2-й опытной группе были меньше на 4,68 %, в 3-й – на 8,93 %, а в 4-й – на 12,47 %. Подобная закономерность наблюдается и в затратах на корма: во 2-й опытной группе они были меньше на 5,67 %, в 3-й – на 9,54 %, а в 4-й – на 12,82 %.

Таблица 3
Зоотехнические показатели молодняка свиней ($\bar{X} \pm Se$, $n = 5$)

Показатели	1 контроль	2 опыт	3 опыт	4 опыт
Живая масса, кг:				
в начале опыта	29,85 ± 0,37	29,25 ± 0,38	30,17 ± 0,045	29,91 ± 0,39
в конце опыта	82,3 ± 1,71	84,85 ± 1,69	88,15 ± 1,70	90,07 ± 1,52*
Валовый прирост, кг	52,45 ± 1,12	55,6 ± 1,11	57,98 ± 1,19	60,16 ± 1,01*
Среднесуточный прирост, г	519,31 ± 10,5	550,50 ± 11,1	574,06 ± 10,9	595,64 ± 10,1
% к контролю	–	+6,01	+10,54	+14,70
Затраты на 1 кг прироста живой массы:				
МДж	31,57 ± 0,51	29,65 ± 0,19	28,33 ± 0,21	27,23 ± 0,18
% к контролю	–	–6,08	–10,26	–13,76
Сырого протеина, г	491,42 ± 9,11	465,71 ± 10,1	444,90 ± 8,15	427,60 ± 9,01
% к контролю	100	–5,23	–9,47	–12,99
Переваримого протеина, г	388,21 ± 8,11	370,06 ± 7,79	353,54 ± 8,21	339,79 ± 6,98
% к контролю	–	–4,68	–8,93	–12,47
Корма, кг	2,29 ± 0,09	2,16 ± 0,05	2,07 ± 0,06	1,99 ± 0,02
% к контролю	–	–5,67	–9,54	–12,82

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, $n = 5$ для всех групп; * $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой.

Table 3
Zootechnical parameters of young pigs ($\bar{X} \pm Se$, $n = 5$)

Indicators	1 control	2 experienced	3 experienced	4 experienced
Live weight, kg:				
at the beginning of the experiment	29.85 ± 0.37	29.25 ± 0.38	30.17 ± 0.045	29.91 ± 0.39
at the end of the experiment	82.3 ± 1.71	84.85 ± 1.69	88.15 ± 1.70	90.07 ± 1.52*
Gross increase, kg	52.45 ± 1.12	55.6 ± 1.11	57.98 ± 1.19	60.16 ± 1.01*
Average daily increase, g	519.31 ± 10.5	550.50 ± 11.1	574.06 ± 10.9	595.64 ± 10.1
% compared to the control	–	+6.01	+10.54	+14.70
Cost per kg of body weight gain:				
MJ	31.57 ± 0.51	29.65 ± 0.19	28.33 ± 0.21	27.23 ± 0.18
% to control	–	–6.08	–10.26	–13.76
Crude protein, g	491.42 ± 9.11	465.71 ± 10.1	444.90 ± 8.15	427.60 ± 9.01
% of the control	100	–5.23	–9.47	–12.99
Digestible protein, g	388.21 ± 8.11	370.06 ± 7.79	353.54 ± 8.21	339.79 ± 6.98
% of the control	–	–4.68	–8.93	–12.47
Feed, kg	2.29 ± 0.09	2.16 ± 0.05	2.07 ± 0.06	1.99 ± 0.02
% to control	–	–5.67	–9.54	–12.82

Note. The data is presented as an average and standard error, $n = 5$ for all groups; * $p < 0.05$ compared to the control group.

Таблица 4
Переваримость питательных веществ корма ($X \pm Se$, $n = 5$), %

Показатели	1 контроль	2 опыт	3 опыт	4 опыт
Сухое вещество	76,61 $\pm$ 0,15	77,81 $\pm$ 0,14*	78,17 $\pm$ 0,21*	80,23 $\pm$ 0,19
Органическое вещество	78,10 $\pm$ 0,11	79,35 $\pm$ 0,21	80,24 $\pm$ 0,33	82,11 $\pm$ 0,23*
Сырой протеин	75,69 $\pm$ 0,33	77,89 $\pm$ 0,31	78,79 $\pm$ 0,41	79,90 $\pm$ 0,27*
Сырой жир	66,9 $\pm$ 0,22	68,7 $\pm$ 0,51	69,3 $\pm$ 0,30*	69,9 $\pm$ 0,23
Сырая клетчатка	25,0 $\pm$ 0,21	26,8 $\pm$ 0,22	28,6 $\pm$ 0,29	28,8 $\pm$ 0,11
БЭВ	81,12 $\pm$ 1,71	83,30 $\pm$ 0,91	84,11 $\pm$ 0,77	88,29 $\pm$ 1,24

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, $n = 5$ для всех групп; * $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой.

Table 4
Digestibility of feed nutrients ($X \pm Se$, $n = 5$), %

Indicators	1 control	2 experienced	3 experienced	4 experienced
Dry matter	76.61 $\pm$ 0.15	77.81 $\pm$ 0.14*	78.17 $\pm$ 0.21*	80.23 $\pm$ 0.19
Organic matter	78.10 $\pm$ 0.11	79.35 $\pm$ 0.21	80.24 $\pm$ 0.33	82.11 $\pm$ 0.23*
Crude protein	75.69 $\pm$ 0.33	77.89 $\pm$ 0.31	78.79 $\pm$ 0.41	79.90 $\pm$ 0.27*
Raw fat	66.9 $\pm$ 0.22	68.7 $\pm$ 0.51	69.3 $\pm$ 0.30*	69.9 $\pm$ 0.23
Crude Fiber	25.0 $\pm$ 0.21	26.8 $\pm$ 0.22	28.6 $\pm$ 0.29	28.8 $\pm$ 0.11
NFES	81.12 $\pm$ 1.71	83.30 $\pm$ 0.91	84.11 $\pm$ 0.77	88.29 $\pm$ 1.24

Note. The data is presented as an average and standard error, $n = 5$ for all groups; * $p < 0.05$ compared to the control group.

Увеличение среднесуточных приростов, наблюдаемое у молодняка свиней в экспериментальных группах, обусловлено добавлением в рацион желтого люпина без оболочки, что повысило усвояемость макро- и микронутриентов и, соответственно, стимулировало их активный рост. Процессы переваривания и абсорбции нутриентов в организме молодняка свиней напрямую зависят от структуры рационов кормления. Для определения эффективности рациона был проведен анализ уровня переваримости корма, а также рассчитаны коэффициенты переваримости питательных веществ. Полученные данные отражены в таблице 4.

Данные таблицы 4 указывают на то, что молодняк свиней в экспериментальных группах демонстрировал лучшее усвоение питательных веществ из опытных рационов по сравнению с контрольной группой. Во второй экспериментальной группе коэффициент переваримости сухого вещества был выше на 1,2 %, в третьей – на 1,56 %, а в четвертой – на 3,62 %. Переваримость органического вещества также была улучшена: во второй группе на 1,25 %, в третьей – на 2,14 %, в четвертой – на 4,01 %. У животных второй экспериментальной группы отмечено увеличение количества переваренного сырого протеина корма на 2,2 %, в третьей группе – на 3,1 %, а в четвертой – на 4,21 %. Наблюдалась тенденция к более эффективному перевариванию сырого жира корма во второй группе на 1,8 %, в третьей – на 2,4 %, в четвертой – на 3 %. Переваримость сырой клетчатки оказалась выше во второй группе на 1,8 %, в третьей – на 3,6 %, в четвертой – на 3,8 %. Коэффициенты переваримости БЭВ

также были повышены у молодняка свиней в экспериментальных группах: во второй группе на 2,18 %, в третьей – на 2,99 %, в четвертой – на 7,17 %.

Ключевым фактором, который значительно влияет на результативность конверсии кормов из рационов, является азотистый баланс и его усвояемость. Азот, содержащийся в кормах, играет важнейшую роль как структурный элемент, необходимый для создания белков, которые формируют органы и ткани растущего организма молодняка свиней. Азотный баланс не только квалифицирует количество азота в рационе, но и является необходимым условием для точной оценки протеиновой сбалансированности рационов кормления. Оптимальное соотношение между усвоением азота и его количеством в корме влияет на продуктивность свиней, поскольку недостаток или избыток азота могут привести к нарушению обмена веществ, снижению иммунитета и, как следствие, ухудшению общего состояния животных.

Из результатов проведенного исследования было установлено, что молодняк свиней контрольной и опытных групп получал с кормом идентичное количество азота. Экскреция азота с калом и мочой наблюдалась в меньшем объеме у опытных животных по сравнению с контрольной группой: во второй опытной группе – на 8,66 %, в третьей – на 12,71 %, а в четвертой – на 17,5 %. Концентрация азота в моче во второй опытной группе снизилась на 6,46 %, в третьей – на 10,3 %, а в четвертой – на 13,91 %. Накопление азота в организме, напротив, было более выражено у опытных животных: во второй опытной группе – на 9,51 %, в третьей – на 13,17 %, а в

четвертой – на 17,4 %. Количество переваренного азота также увеличилось в опытных группах: во второй группе – на 3,37 %, в третьей – на 4,17 %, в четвертой – на 5,35 %. Эффективность усвоения азота была максимальной у подопытных животных при расчете от общего количества, поступившего с кормом: во второй опытной группе – на 4,20 %, в третьей – на 6,10 %, а в четвертой – на 8,21 %. Усвоение азота от переваренного корма составило во второй опытной группе 3,65 %, в третьей – 5,32 %, а в четвертой – 7,03 %.

Таким образом, контролируя азотистый баланс и его усвояемость, можно значительно повысить эффективность кормления и добиться лучших результатов в производстве мяса свинины, обеспечивая оптимальное развитие молодняка свиней.

Исследование биохимических показателей крови молодняка свиней крупной белой породы, проводимое в связи с добавлением в их рацион люпина желтого, дало возможность оценить адаптационные способности, физиологическое состояние и интенсивность обмена веществ. В настоящее время значительное внимание уделяется мониторингу активности биомаркеров окислительного стресса. В этом контексте особый интерес представляют ферменты сыворотки крови, которые способствуют различным обменным процессам в организме. Среди

них ферменты, участвующие в переаминировании аминотрансферазы, занимают важное место в азотном обмене. Аспартатаминотрансфераза (AST) и аланинаминотрансфераза (ALT) играют роль в белково-углеводном и жировом метаболизме, катализируя синтез ключевых аминокислот. Активность этих ферментов определяется генетически и имеет тесную связь с продуктивностью молодняка свиней (таблица 6).

Уровень фермента ALT был наиболее выражен у молодняка свиней в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2-й опытной – на 3,33 %, в 3-й – на 4,37 %, в 4-й – на 8,74 %. Уровень фермента GGT был выше в опытных группах: во 2-й опытной – на 3,04 %, в 3-й опытной – на 9,73 %, в 4-й опытной – на 11,0 %. Подобная тенденция наблюдалась и с ферментом AST: активность фермента была увеличена во 2-й опытной на 1,92 %, в 3-й – на 5,64 %, в 4-й – на 8,91 %. Повышенная активность ферментов аминотрансфераз в экспериментальных группах объясняется более интенсивным ростом молодняка свиней, что связано с усиленными обменными процессами, направленными на синтез белка для образования мышечной массы, что подтверждается данными о положительном азотистом балансе.

Таблица 5
Баланс азота рационов молодняком свиней ($X \pm Se$, $n = 5$)

Показатели	1 контроль	2 опыт	3 опыт	4 опыт
Принято N с кормом, г	44,68 $\pm$ 0,19	44,88 $\pm$ 0,20	44,71 $\pm$ 0,18	44,59 $\pm$ 0,25
Выделено N с мочой, г	13,01 $\pm$ 0,15	12,17 $\pm$ 0,12	11,67 $\pm$ 0,14	11,20 $\pm$ 0,11
Выделено N с калом, г	10,86 $\pm$ 0,11	9,92 $\pm$ 0,10*	9,48 $\pm$ 0,13	8,96 $\pm$ 0,17*
Отложено N в теле, г	20,81 $\pm$ 0,21	22,79 $\pm$ 0,12	23,55 $\pm$ 0,18	24,43 $\pm$ 0,16
Переварено N , г	33,82 $\pm$ 0,24	34,96 $\pm$ 0,21	35,23 $\pm$ 0,25	35,63 $\pm$ 0,18*
Коэффициент использования N , %				
% от принятого	46,58 $\pm$ 0,31	50,78 $\pm$ 0,28	52,68 $\pm$ 0,19	54,79 $\pm$ 0,10
% от переваренного	61,54 $\pm$ 0,34	65,19 $\pm$ 0,30	66,86 $\pm$ 0,22	68,57 $\pm$ 0,19
Коэффициент переваримости N , %	75,69 $\pm$ 0,33	77,89 $\pm$ 0,31	78,79 $\pm$ 0,41	79,90 $\pm$ 0,27*

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, $n = 5$ для всех групп; * $p < 0,05$ по сравнению с контрольной группой.

Table 5
Nitrogen balance in the diets of young pigs ($X \pm Se$, $n = 5$)

Indicators	1 control	2 experienced	3 experienced	4 experienced
Taken N with feed, g	44.68 $\pm$ 0.19	44.88 $\pm$ 0.20	44.71 $\pm$ 0.18	44.59 $\pm$ 0.25
Excreted N in urine, g	13.01 $\pm$ 0.15	12.17 $\pm$ 0.12	11.67 $\pm$ 0.14	11.20 $\pm$ 0.11
N was excreted in the faeces, g	10.86 $\pm$ 0.11	9.92 $\pm$ 0.10*	9.48 $\pm$ 0.13	8.96 $\pm$ 0.17*
N was deposited in the body, g	20.81 $\pm$ 0.21	22.79 $\pm$ 0.12	23.55 $\pm$ 0.18	24.43 $\pm$ 0.16
Digested N , g	33.82 $\pm$ 0.24	34.96 $\pm$ 0.21	35.23 $\pm$ 0.25	35.63 $\pm$ 0.18*
Coefficient of use of N , %				
% of the amount taken	46.58 $\pm$ 0.31	50.78 $\pm$ 0.28	52.68 $\pm$ 0.19	54.79 $\pm$ 0.10
% of the digested	61.54 $\pm$ 0.34	65.19 $\pm$ 0.30	66.86 $\pm$ 0.22	68.57 $\pm$ 0.19
Coefficient of digestibility of N , %	75.69 $\pm$ 0.33	77.89 $\pm$ 0.31	78.79 $\pm$ 0.41	79.90 $\pm$ 0.27*

Note. The data is presented as an average and standard error, $n = 5$ for all groups; * $p < 0.05$ compared to the control group.

Энергетические процессы в мышечной ткани находятся в тесной взаимосвязи с ферментами креатинфосфокиназой (КФК) и лактатдегидрогеназой LDH. Эти биомаркеры очень чувствительно реагируют на стрессовые факторы в кормлении. Уровень активности данных ферментов повысился в экспериментальных группах. Вторая экспериментальная группа показала увеличение активности LDH на 3,48 %, третья – на 8,76 %, а четвертая – на 13,7 %. В то же время активность КФК во второй экспериментальной группе увеличилась на 2,33 %, в третьей – на 4,03 %, в четвертой – на 6,98 %. Таким образом, более значительный рост молодняка свиней, получающих в своем рационе желтый люпин, привел к повышению уровня активности трансаминаз, креатинфосфокиназы и лактатдегидрогеназы. Это произошло благодаря тому, что ука-

занные ферменты значительно ускоряют обменные процессы в организме молодняка свиней.

В плазме крови животных опытных групп наблюдалось более высокое содержание общего белка, чем у контрольной группы: во второй опытной группе – на 1,21 %, в третьей – на 4,24 %, а в четвертой – на 7,09 %. Также было зафиксировано повышение концентрации белковых фракций (альбуминов, глобулинов). Содержание альбуминов в сыворотке крови увеличилось во второй опытной группе на 1,64 %, в третьей – на 5,08 %, в четвертой – на 8,47 % по сравнению с контролем. Аналогичная тенденция прослеживалась и с глобулинами: их уровень превышал контрольные показатели во второй опытной группе на 0,71 %, в третьей – на 3,27 %, в четвертой – на 5,50 %.

Таблица 6
Биохимические показатели крови ($X \pm Se$, $n = 5$)

Показатели	1 контроль	2 опыт	3 опыт	4 опыт
ALP, Ед/л	133,89 $\pm$ 2,72	135,10 $\pm$ 3,89	136,11 $\pm$ 3,14	134,21 $\pm$ 3,72
ALT, Ед/л	23,10 $\pm$ 0,84	23,87 $\pm$ 0,98	24,11 $\pm$ 0,17*	25,12 $\pm$ 0,59*
AST, Ед/л	26,61 $\pm$ 1,13	27,12 $\pm$ 1,20	28,11 $\pm$ 1,13	28,98 $\pm$ 1,01*
GGT, Ед/л	26,31 $\pm$ 1,10	27,11 $\pm$ 1,11	28,87 $\pm$ 1,20	29,33 $\pm$ 1,15
LDH, Ед/л	175,80 $\pm$ 6,11	181,92 $\pm$ 5,17	191,2 $\pm$ 6,14	199,89 $\pm$ 6,20
КФК, мкмоль/мл	64,51 $\pm$ 1,81	66,01 $\pm$ 2,11	67,11 $\pm$ 2,42	69,01 $\pm$ 1,79*
Общий белок, г/л	66,31 $\pm$ 1,70	67,11 $\pm$ 2,23	69,12 $\pm$ 1,33	71,01 $\pm$ 0,09
Альбумин, г/л	35,41 $\pm$ 0,91	35,99 $\pm$ 1,71	37,21 $\pm$ 1,54	38,41 $\pm$ 1,10
Глобулин, г/л	30,90 $\pm$ 1,10	31,12 $\pm$ 1,93	31,91 $\pm$ 1,29	32,60 $\pm$ 1,23
Мочевина, ммоль/л	7,55 $\pm$ 0,27	7,31 $\pm$ 0,21	7,11 $\pm$ 0,20	6,92 $\pm$ 0,16**
Са, ммоль/л	1,89 $\pm$ 0,02	1,98 $\pm$ 0,04	2,01 $\pm$ 0,07	2,11 $\pm$ 0,09
Р, ммоль/л	1,21 $\pm$ 0,01	1,32 $\pm$ 0,02	1,35 $\pm$ 0,03	1,39 $\pm$ 0,01

Примечание. Данные приведены в виде среднего значения и стандартной ошибки, $n = 5$ для всех групп; $p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^{*}$ по сравнению с контрольной группой. Референтные данные приведены по [19–23]. ALP – щелочная фосфатаза, ALT – аланинаминотрансфераза, AST – аспаратаминотрансфераза, GGT – гамма-глутамилтрансфераза, LDH – лактатдегидрогеназа, КФК – креатинфосфокиназа.

Table 6
Biochemical parameters of blood ($X \pm Se$, $n = 5$)

Indicators	1 control	2 experienced	3 experienced	4 experienced
ALP, Units/L	133.89 $\pm$ 2.72	135.10 $\pm$ 3.89	136.11 $\pm$ 3.14	134.21 $\pm$ 3.72
ALT, Units/L	23.10 $\pm$ 0.84	23.87 $\pm$ 0.98	24.11 $\pm$ 0.17 *	25.12 $\pm$ 0.59*
ALT, Units/L	26.61 $\pm$ 1.13	27.12 $\pm$ 1.20	28.11 $\pm$ 1.13	28.98 $\pm$ 1.01 *
GGT, Units/L	26.31 $\pm$ 1.10	27.11 $\pm$ 1.11	28.87 $\pm$ 1.20	29.33 $\pm$ 1.15
LDH, Units/L	175.80 $\pm$ 6.11	181.92 $\pm$ 5.17	191.2 $\pm$ 6.14	199.89 $\pm$ 6.20
CK, Mmol/ml	64.51 $\pm$ 1.81	66.01 $\pm$ 2.11	67.11 $\pm$ 2.42	69.01 $\pm$ 1.79*
Total protein, g/L	66.31 $\pm$ 1.70	67.11 $\pm$ 2.23	69.12 $\pm$ 1.33	71.01 $\pm$ 0.09
Albumin, g/L	35.41 $\pm$ 0.91	35.99 $\pm$ 1.71	37.21 $\pm$ 1.54	38.41 $\pm$ 1.10
Globulin, g/l	30.90 $\pm$ 1.10	31.12 $\pm$ 1.93	31.91 $\pm$ 1.29	32.60 $\pm$ 1.23
Urea, Mmol/L	7.55 $\pm$ 0.27	7.31 $\pm$ 0.21	7.11 $\pm$ 0.20	6.92 $\pm$ 0.16**
Ca, Mmol/L)	1.89 $\pm$ 0.02	1.98 $\pm$ 0.04	2.01 $\pm$ 0.07	2.11 $\pm$ 0.09
R, Mmol/L	1.21 $\pm$ 0.01	1.32 $\pm$ 0.02	1.35 $\pm$ 0.03	1.39 $\pm$ 0.01

Note. The data are presented as an average and standard error, $n = 5$ for all groups; $p < 0,01^{**}$, $p < 0,05^{*}$ compared with the control group. Reference data is provided by [19–23]. ALP – alkaline phosphatase, ALT – alanine aminotransferase, AST – aspartate aminotransferase, GGT – gamma-glutamyltransferase, LDH – lactate dehydrogenase, CK – creatine phosphokinase.

В ходе исследований было установлено снижение концентрации мочевины в сыворотке крови опытных групп по сравнению с контрольной: во второй опытной группе на 3,18 %, в третьей – на 5,83 %, в четвертой – на 8,34 %. Сочетание повышенного содержания общего белка и сниженной концентрации мочевины в сыворотке крови указывает на то, что у молодняка свиней в опытных группах активизированы процессы биосинтеза аминокислот и белка в организме.

Интенсивность обмена кальция и фосфора у молодняка свиней тесно связана с их соотношением в крови. Данные, полученные в ходе эксперимента, демонстрируют, что уровень кальция в плазме крови во 2-й, 3-й и 4-й опытных группах превышал показатели контрольной на 4,76 %, 6,35 % и 11,64 %. Подобная тенденция наблюдалась и для фосфора: его концентрация во 2-й, 3-й и 4-й группах была выше на 9,09 %, 11,5 % и 14,8 % соответственно.

На основании изученных биохимических показателей крови у молодняка свиней экспериментальных групп, различающихся по процентному содержанию желтого люпина в структуре рациона, можно заключить: увеличение доли люпина желтого без оболочки в рационе кормления стимулирует окислительно-восстановительные реакции в организме опытных групп молодняка свиней. Это свидетельствует об интенсификации метаболизма, направленного на увеличение мышечной массы и аккумуляцию жировых отложений в подкожной клетчатке.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Исследованием установлено, что корректировка рационов кормления молодняка свиней с использованием люпина желтого без оболочки позволяет снизить или заменить в структуре рациона соевые корма во 2-й опытной группе на 33,3 %, в 3-й опытной – на 60 %, в 4-й опытной – на 100 %. Также это способствует снижению содержания других высокобелковых кормов животного и растительного происхождения. Отмечено увеличение среднесуточных приростов, которое происходит за счет накопления белка у растущего молодняка свиней, что определяется соотношением скорости его ассимиляции и диссимиляции. Это отражается в результа-

тах физиологического исследования, где ретенция азота была выше в опытных группах: во 2-й опытной отложение азота в теле было выше на 9,51 %, в 3-й – на 13,17 %, и в 4-й – на 17,4 %. Коэффициенты переваримости протеина также были выше в опытных группах: во 2-й опытной группе – на 2,2 %, в 3-й группе – на 3,1 %, а в 4-й группе – на 4,21 %. Исследование демонстрирует прямую зависимость между содержанием сырого протеина в рационе и активацией внутриклеточных сигнальных путей (протеинкиназ), стимулирующих синтез мышечного белка у молодняка свиней. Такие ферменты, как аспаратаминотрансфераза (AST) и аланинаминотрансфераза (ALT), играют роль в белково-углеводном и жировом метаболизме, катализируя синтез ключевых аминокислот. Уровень фермента ALT был наиболее выраженным у молодняка свиней в экспериментальных группах по сравнению с контрольной: во 2-й опытной группе – на 3,33 %, в 3-й – на 4,37 %, в 4-й – на 8,74 %. Подобная тенденция наблюдалась и с ферментом AST: активность фермента была увеличена во 2-й опытной группе на 1,92 %, в 3-й – на 5,64 %, в 4-й – на 8,91 %, что указывает на стимулирование окислительно-восстановительных реакций в организме экспериментальных животных. Таким образом, можно сделать вывод, что введение в рацион молодняка свиней люпина желтого без оболочки способствует улучшению переваримости, конверсии корма, ретенции азота, биохимического состава крови и повышению обмена веществ в организме, вследствие чего увеличивается продуктивность молодняка свиней. Поэтому низкоалкалоидный люпин желтый без оболочки может быть использован для замены соевых продуктов в кормопроизводстве. Это способ повышения устойчивости и автономии российского агропромышленного комплекса, а также решение, направленное на улучшение кормовой базы в свиноводстве. Применение люпина желтого способствует уменьшению зависимости от импортных компонентов рационов. Такой подход может играть ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны и поддержании конкурентоспособности отечественного животноводства в условиях глобальных экономических изменений.

Библиографический список

1. Антипов А. Е., Юрьева Е. В. Формирование внутренних органов свиней при использовании нетрадиционного корма при откорме // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 97–100.
2. Гапонов Н. В., Анишко М. Ю., Мисникова Н. В. Нутритивные свойства полнорационных комбикормов на основе узколистного люпина и экономическая эффективность их производства // Кормопроизводство. 2025. № 6. С. 30–34. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-6-30-34.
3. Chen Y., et al. Plasma protein levels of young healthy pigs as indicators of disease resilience // Journal of Animal Science. 2023. No. 101. Article number sd014. DOI: 10.1093/jas/skad014.
4. Zervas S., Zijlstra R. T. Effects of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and post prandial plasma urea profiles in grower pigs // Journal of Animal Science. 2002. No. 80. Pp. 3238–3246. DOI: 10.2527/2002.80123238x.

5. Whang K. Y., Easter R. A. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential in growing-finishing swine // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000. No. 13. Pp. 811–816. DOI: 10.5713/ajas.2000.811.
6. Montoro J. C., Solà-Oriol D., Muns R. Blood and faecal biomarkers to assess dietary energy, protein and amino acid efficiency of utilization by growing and finishing pigs // *Porcine Health Management*. 2022. No. 8. Article number 32. DOI: 10.1186/s40813-022-00273-y.
7. Корнилова Е. В., Николаев С. И., Карапетян А. К. [и др.] Использование альтернативного кормового ингредиента в рационе свиней // *главный зоотехник*. 2023. № 3 (236). С. 3–12. DOI: 10.33920/sel-03-2303-01.
8. Милушев Р. К., Шулаев Г. М. Концентраты из растительного сырья для балансирования комбикормов: теория и практика использования // *Свиноводство*. 2022. № 3. С. 40–43.
9. Горин И. Е., Самофалова О. В., Карапетян А. К. [и др.] Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4 (68). С. 334–340. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40.
10. Ниязов Н. С., Пьянкова Е. В. Истинная доступность аминокислот высокобелковых кормов у молодня свиней // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2021. № 2. С. 83–91. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.2.83-91.
11. Ниязов Н. С.-А., Панюшкин Д. Е., Пьянкова Е. В. Низкопротеиновые комбикорма, сбалансированные по доступным аминокислотам, в кормлении растущих свиней мясного типа // *Проблемы биологии продуктивных животных*. 2022. № 2. С. 79–89. DOI: 10.25687/1996-6733.
12. Кравченко В. Нарращивание объемов свинины не прекращается // *Животноводство России*. 2023. № 6. С. 3–5.
13. Новик Н. В., Лебедев А. А., Анишко М. Ю., Якуб И. А. Результаты скрининга коллекционного материала люпина желтого по аминокислотному составу белка семян // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 8. С. 28–31.
14. Yu W., Jensen J. D. Sustainability implications of rising global pork demand // *Animal Frontiers*. 2022. No. 12 (6). Pp. 56–60. DOI: 10.1093/af/vfac070.
15. Овсянников А. И. Основы опытного дела в животноводстве. Москва: Колос, 1976. 304 с.
16. Калашников А. П. [и др.] Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие. 3-е изд. Москва, 2003. 456 с.
17. Голушко В. М., Линкевич С. А., Рощин В. А. [и др.]. Нормированное кормление свиней: рекомендации. Жодино: Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству, 2019. 96 с.
18. Новик Н. В., Саввичева И. К., Степаненко А. А. Новый сорт желтого кормового люпина Булат // *Адаптивное кормопроизводство*. 2019. № 4. С. 54–60. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-54-60.
19. Зеленченкова А. А., Сивкина О. Н., Зайцев С. Ю. Кровь как метод оценки благополучия свиней на откорме // *Аграрный вестник Урала*. 2025. Т. 25, № 03. С. 422–433. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-03-422-433.
20. Martins J. M., Fialho R., Albuquerque A., Neves J., Freitas A., Nunes J. T. Growth, blood, carcass and meat quality traits from local pig breeds and their crosses // *Animal*. 2020. No. 14 (3). Pp. 636–647. DOI: 10.1017/S1751731119002222.
21. Sookoian S., Pirola C. J. Liver enzymes, metabolomics and genome-wide association studies: from systems biology to the personalized medicine. *World Journal of Gastroenterology*. 2015. Vol. 21 (3). Pp. 711–725. DOI: 10.3748/wjg.v21.i3.711.
22. Evans R. J. Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig // *Pig Journal*. 1994. No. 32. Pp. 52–57.
23. Симонян Г. А., Хисамутдинов Ф. Ф. Ветеринарная гематология. Москва: Колос, 1995. 256 с.

Об авторе:

Николай Васильевич Гапонов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский НИИ люпина – филиала ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянская область, Россия; ORCID 0000-0002-5086-7943, AuthorID 1038189. E-mail: nv.1000@bk.ru

References

1. Antipov A. E., Yuryeva E. V. Formation of internal organs of pigs when using non-traditional feed during fattening. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023; 1 (72): 97–100. (In Russ.)
2. Gaponov N. V., Anishko M. Yu., Misnikova N. V. Nutritional properties of full-grain compound feeds based on narrow-leaved lupine and economic efficiency of their production. *Feed production*. 2025; 6: 30–34. DOI: 10.30906/1562-0417-2025-6-30-34. (In Russ.)

3. Chen Y., et al. Plasma protein levels of young healthy pigs as indicators of disease resilience. *Journal of Animal Science*. 2023; 101: sd014. DOI: 10.1093/jas/skad014.
4. Zervas S., Zijlstra R. T. Effects of dietary protein and oathull fiber on nitrogen excretion patterns and post prandial plasma urea profiles in grower pigs. *Journal of Animal Science*. 2002; 80: 3238–3246. DOI: 10.2527/2002.80123238x.
5. Whang K. Y., Easter R. A. Blood urea nitrogen as an index of feed efficiency and lean growth potential in growing-finishing swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2000; 13: 811–816. DOI: 10.5713/ajas.2000.811.
6. Montoro J. C., Solà-Oriol D., Muns R. Blood and faecal biomarkers to assess dietary energy, protein and amino acid efficiency of utilization by growing and finishing pigs. *Porcine Health Management*. 2022; 8: 32. DOI: 10.1186/s40813-022-00273-y.
7. Kornilova E. V., Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., et al. The use of an alternative feed ingredient in the diet of pigs. *Head of Animal Breeding*. 2023; 3 (236): 3–12. (In Russ.)
8. Milushev R. K., Shulaev G. M. Concentrates from vegetable raw materials for balancing compound feeds: theory and practice of use. *Pig Breeding*. 2022; 3: 40–43. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40. (In Russ.)
9. Gorin I. E., Samofalova O. V., Karapetyan A. K. Development and use of compound feeds containing non-traditional feed products. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022; 4 (68): 334–340. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-40. (In Russ.)
10. Niyazov N. S., Pyankova E. V. The true availability of amino acids of high-protein feeds in young pigs. *Problems of Biology of Productive Animals*. 2021; 2: 83–91. DOI: 10.25687/1996-6733.prodanimbio.2021.2.83-91. (In Russ.)
11. Niyazova N. S.-A., Panyushkin D. E., Pyankova E. V. Low-protein compound feeds, balanced baths of available amino acids, in feeding growing meat-type pigs. *Problems of Biology of Productive Animals*. 2022; 2: 79–89. DOI: 10.25687/1996-6733. (In Russ.)
12. Kravchenko V. The increase in pork volumes does not stop. *Russian Animal Husbandry*. 2023; 6: 3–5. (In Russ.)
13. Novik N. V., Lebedev A. A., Anishko M. Yu., Yakub I. A. Results of screening of yellow lupine collection material by amino acid composition of seed protein. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024; 8: 28–31. (In Russ.)
14. Yu W., Jensen J. D. Sustainability implications of rising global pork demand. *Animal Frontiers*. 2022; 12 (6): 56–60. DOI: 10.1093/af/vfac070.
15. Ovsyannikov A. I. *Fundamentals of experimental business in animal husbandry*. Moscow: Kolos, 1976. 304 p. (In Russ.)
16. Kalashnikov A. P., et al. Norms and rations of feeding farm animals: reference manual. 3rd ed. Moscow, 2003. 456 p. (In Russ.)
17. Golushko V. M., Linkevich S. A., Roshchin V. A., et al. *Normalized pig feeding: recommendations*. Zhodino: Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus on Animal Husbandry, 2019. 96 p. (In Russ.)
18. Novik N. V., Savvicheva I. K., Stepanenko A. A. A new variety of yellow fodder lupine Bulat. *Adaptive Feed Production*. 2019; 4: 54–60. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-54-60. (In Russ.)
19. Zelenchenkova A. A., Sivkina O. N., Zaytsev S. Yu. Blood as a method of assessing the well-being of fattening pigs. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (03): 422–433. DOI: 10.32417/1997-4868-2025-25-03-422-433. (In Russ.)
20. Martins J. M., Fialho R., Albuquerque A., Neves J., Freitas A., Nunes J. T. Growth, blood, carcass and meat quality traits from local pig breeds and their crosses. *Animal*. 2020; 14 (3): 636–647. DOI: 10.1017/S1751731119002222.
21. Sookoian S., Pirola C. J. Liver enzymes, metabolomics and genome-wide association studies: from systems biology to the personalized medicine. *World Journal of Gastroenterology*. 2015; 21 (3): 711–725. DOI: 10.3748/wjg.v21.i3.711.
22. Evans R. J. Porcine haematology: Reference ranges and the clinical value of the haematological examination in the pig. *Pig Journal*. 1994; 32: 52–57.
23. Simonyan G. A., Khisamutdinov F. F. *Veterinary Hematology*. Moscow: Kolos, 1995. 256 p. (In Russ.)

Author's information:

Nikolay V. Gaponov, candidate of biological sciences, senior researcher, All-Russian Lupine Scientific Research Institute – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Michurinskiy settlement, Bryansk Region, Russia; ORCID 0000-0002-5086-7943, AuthorID 1038189.
E-mail: nv.1000@bk.ru

Перспективы использования элементов вермикультуры в качестве биоорганического компонента кормосмесей для сельскохозяйственных животных и птиц (обзор)

А. А. Коровин[✉], В. В. Голембовский

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

[✉]E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – сбор и анализ литературных данных об использовании биомассы дождевых червей семейства Lumbricidae и вермикомпоста, полученных на основе применения вермитехнологии переработки побочных продуктов животноводства, в кормопроизводстве и получении товарной экологически безопасной продукции животноводства, птицеводства и рыбоводства. Задачи: 1) проанализировать результаты исследований по использованию дождевых червей семейства Lumbricidae в кормопроизводстве, освещенных в отечественной и зарубежной литературе; 2) исследовать проблемы задержки широкого внедрения вермитехнологий для получения кормовых добавок; 3) оценить перспективы внедрения вермитехнологий в производство кормовых добавок. **Материалы и методы исследования.** Применялись аналитические методы изучения и обработки информации из отечественных и зарубежных интернет-ресурсов (РИНЦ, ScienceDirect Google Scholar). **Результаты.** Стремительный рост народонаселения требует кратного повышения производства пищевых продуктов с высоким содержанием животного белка. Истощение ресурсов для выработки кормового протеина, рост цен на мясо-костную и рыбную муку, требуют разработки и скорейшего внедрения новых экономически привлекательных и экологически благоприятных технологий производства кормовых добавок. Использование технологии вермикультуры позволяет не только увеличить производство кормовой и пищевой продукции при снижении ее себестоимости, но также существенно снизить токсическое воздействие сельскохозяйственных отходов на состояние окружающей среды. **Научная новизна** заключается в системном анализе эмпирических литературных данных использования нативной биомассы червей семейства Lumbricidae и вермикомпоста для совершенствования рациона сельскохозяйственных животных в части органических и минеральных компонентов. Предложено в качестве кормовой добавки использовать совместно дождевых червей семейства Lumbricidae и выработанного ими вермикомпоста.

Ключевые слова: кормовые добавки в животноводстве, дождевые черви семейства Lumbricidae, вермикультура, белок, питательные вещества

Для цитирования: Коровин А. А., Голембовский В. В. Перспективы использования элементов вермикультуры в качестве биоорганического компонента кормосмесей для сельскохозяйственных животных и птиц (обзор) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1222–1234. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1222-1234>.

Дата поступления статьи: 16.10.2024, **дата рецензирования:** 26.04.2025, **дата принятия:** 27.05.2025.

Prospects for the use of vermiculture elements as a bioorganic component of feed mixtures for farm animals and poultry (review)

A. A. Korovin[✉], V. V. Golembovskiy

North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia

[✉]E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is to collect and analyse literature data on the use of earthworm biomass of the family Lumbricidae and vermicompost, obtained on the basis of vermitechhnologies processing of animal by-products, in fodder production and obtaining marketable environmentally safe products of livestock, poultry and fish farming. Objectives: 1) to analyse the results of research on the use of earthworms of the family Lumbricidae in fodder production, covered in domestic and foreign literature; 2) to investigate the problems of delaying the widespread introduction of vermitechhnologies for the production of fodder additives; 3) to assess the prospects for the introduction of vermitechhnologies in the production of fodder additives. **Materials and methods of research.** Analytical methods of studying and processing information from domestic and foreign Internet resources (RSCI, ScienceDirect Google Scholar). **Results.** Rapid population growth requires a multiple increase in the production of food products with a high content of animal protein. Depletion of resources for fodder protein production, rising prices for meat-bone and fish meal require the development and rapid introduction of new economically attractive and environmentally favourable technologies of fodder additives production. The use of vermiculture technology allows not only to increase the production of fodder and food products while reducing its cost, but also significantly reduce the toxic impact of agricultural waste on the environment. **Scientific novelty** consists in the system analysis of empirical literature data on the use of native biomass of earthworms of the family Lumbricidae and vermicompost to improve the diet of farm animals in terms of organic and mineral components. It is proposed to use earthworms of the family Lumbricidae and vermicompost produced by them as a feed additive.

Keywords: feed additives in animal husbandry, earthworms of the family Lumbricidae, vermiculture, protein, nutrients

For citation: Korovin A. A., Golembovskiy V. V. Prospects for the use of vermiculture elements as a bioorganic component of fodder mixtures for farm animals and birds (review). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1222–1234. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1222-1234>. (In Russ.)

Date of paper submission: 16.10.2024, **date of review:** 26.04.2025, **date of acceptance:** 27.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

На рубеже XX–XXI веков в связи с неуклонным ростом и миграцией народонаселения на фоне неблагоприятных климатических изменений и все возрастающей техногенной нагрузки резко обострилась проблема удовлетворения потребностей в продуктах питания, прежде всего животного происхождения [1–3].

Продовольственная безопасность по праву считается важным разделом государственной политики и лежит в основе национальных продовольственных систем, призванных обеспечить население сбалансированной в части нутриентов и финансово доступной пищей. При этом в ходе ее достижения в зависимости от объективных и субъективных причин развития природы и общества происходит смена приоритетов развития и механизмов реализации аграрной политики. В основе усилий Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) лежит

достижение всеобщей продовольственной безопасности, а именно создание условий, в которых каждый человек был бы обеспечен высококачественным питанием, необходимым для ведения активного и здорового образа жизни. Для этого необходимо сбалансированное развитие растениеводства, животноводства, других заинтересованных отраслей агропромышленного комплекса.

Животноводство, птицеводство и рыбоводство обеспечивает население мясо-молочными и другими продуктами (яйцами, жирами и т. д.), составляющими в рационе питания людей по калорийности около 30 %, а по содержанию белка – 60 %, а также сырьем для легкой промышленности [4; 5].

Одной из задач пищевой промышленности является насыщение рынка высококачественной экологически чистой продукцией, отличающейся органико-минеральной сбалансированностью. Однако для ее достижения необходимо постоянно совершенствовать и внедрять высокоэффективные техноло-

гии, направленные на прирост живой массы, выживаемости, плодовитости сельскохозяйственных животных, птиц и аквакультуры [6–8].

При этом особое внимание уделяется биологической ценности пищевого рациона, т. к. качественные и количественные характеристики белка животного происхождения напрямую влияют на структуру и функционирование органов и систем человеческого организма. Энергетическая составляющая может восполняться углеводами и жирами растительного происхождения [9; 10].

Однако в последнее время все более отчетливо проявляются признаки будущей стагнации животноводческих отраслей. При этом общий потенциал сельскохозяйственных предприятий в отношении выработки животного белка в связи с неблагоприятными геоклиматическими условиями и прогрессирующей антропогенной нагрузкой существенно снижаются. Ставка, сделанная на растительные белки как более экономически выгодные в качестве альтернативы белкам животного происхождения, в полной мере себя не оправдала [11–13].

Причины очевидны и кроются в низком содержании или полном отсутствии незаменимых аминокислот, низкой пищевой ценности и функциональности растительных белков (растворимость, эмульгирование и гелеобразование, пенообразование) для человека, эволюционно нацеленного на преимущественное потребление белка животного происхождения, особенно в детстве и юношестве [14].

Для повышения производительности сельскохозяйственных предприятий различной мощности, занятых разведением крупного и мелкого рогатого скота, свиней, птиц и аквакультуры, требуются витаминные и питательные кормовые добавки [15–17].

Интеграция России в мировую экономику в конце XX – начале XXI веков сопровождалась активной перестройкой технологических, межхозяйственных и экономических процессов, которые не обошли стороной и агропромышленный комплекс. На российский рынок хлынул поток кормовых добавок иностранного производства, что привело к банкротству многих отечественных производителей. Введение экономических санкций против России, которое сопровождается резким сокращением поставок белковых кормовых добавок для животноводства и, как следствие, ростом цен на внутреннем рынке, вынуждает в экстренном порядке разрабатывать и внедрять новые технологии. Сложное социально-экономическое положение в стране требует, чтобы данные технологии были просты, экономически эффективны и экологически благоприятны для состояния окружающей среды и здоровья населения. Поэтому сегодня крайне важно использовать все имеющиеся в резерве ресурсы, чтобы

выиграть время для разработки новых технологий в кормопроизводстве для замещения белковых добавок иностранных производителей.

Использование современных биотехнологий в повышении продуктивности сельскохозяйственных животных связывается прежде всего с увеличением содержания полноценного животного белка в кормовой базе [18; 19]. Продуктивность животных на 60 % зависит от качества кормов. Удовлетворение потребности животных в питательных веществах, витаминах, макро- и микроэлементах, биологически активных веществах, которые поставляются в организм вместе с основными кормами и кормовыми добавками, оказывает значительное влияние на рост, развитие сельскохозяйственных животных, их воспроизводительные способности, а также качество получаемой продукции [20; 21]. При этом также достигается и социально-экономический эффект [22].

В то же время баланс показателей «рентабельность» и «качество продукции» является одним из важных факторов развития производства в условиях конкурентной экономики. Обеспечение животных сбалансированными по количеству нутриентов и свариваемости кормами является одним из решающих условий [23].

В свою очередь, уровень рентабельности животноводства зависит от затрат на содержание животных, заготовку, приготовление, хранение и рациональное использование кормов, на производство которых приходится более 60 % всей пашни и 75 % времени, энергии и затрат в растениеводстве. В долевой структуре себестоимости конечной продукции корма занимают 50–55 % в молочном скотоводстве и 65–70 % в свиноводстве.

Использование так называемых нетрадиционных кормов, получаемых из альтернативных источников белка, признано одним из путей укрепления кормовой базы животноводства. Это особенно важно, так как комбикормовая промышленность испытывает все возрастающий дефицит источников протеина, особенно животного происхождения.

Цель исследования – сбор и анализ литературных данных о технологиях получения нетрадиционных источников белков, биологически активных веществ и минералов в системе откорма сельскохозяйственных животных, птиц и рыб для получения экологически безопасной пищевой продукции.

Методология и методы исследования (Methods)

Поиск и анализ литературы проводились с использованием интернет-ресурсов РИНЦ (<https://www.elibrary.ru>), ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>), Google Scholar (<https://scholar.google.ru/schhp?hl=ru>). При этом для анализа использовались монографии и статьи (обзорные и оригинальные), в которых приводились сведения по изучению червей семейства Lumbricidae, их хи-

мического состава, продуктов жизнедеятельности и переработки, а также результаты и перспективы использования продуктов вермикомпостирования (биомасса червей и вермикомпост) в технологиях кормопроизводства для сельскохозяйственных животных, птиц и рыб.

Результаты (Results)

Научные сообщества всего мира находятся в поиске простых, экономически выгодных и экологически безопасных технологий, способных обеспечить взрывной рост объемов животного белка. Технология вермикюльтуры сочетает в себе все эти достоинства и качества одновременно [24; 25].

Комбикорма являются наиболее общими видами кормов для сельскохозяйственных животных, к основным компонентам которых можно отнести зерно злаков и продукты его переработки. Злаки богаты углеводами, но содержат сравнительно мало белка, вследствие чего не обеспечивают в полной мере потребности животных в ряде незаменимых аминокислот [26–28].

В исследованиях отечественных и зарубежных ученых отмечено, что наиболее благоприятный баланс соблюдается, если в общем объеме кормового белка 90 % приходится на растительный белок и 10 % – на животный. При этом именно животный белок определяет эффективность использования растительного белка, т. е. сотен миллионов тонн кормов, в том числе многих десятков миллионов тонн зерна злаков, отнесенных к наиболее ценным продовольственным культурам [29–32].

Одним из путей укрепления кормовой базы животноводства является использование так называемых нетрадиционных кормов, получаемых из других альтернативных источников белка.

Дождевые черви семейства Lumbricidae в зависимости от геоклиматических и почвенно-географических условий составляют от 1/2 до 3/4 биомассы обитающих в почве беспозвоночных, быстро растут и становятся половозрелыми, а содержащийся в них белок по составу соответствует таковому животного и растительного происхождения. Дождевые черви семейства Lumbricidae имеют питательное и диетическое мясо, содержащее комплекс незаменимых аминокислот и низкий процент жира. Биологически активные вещества дождевых червей традиционно используются в фармацевтике [33; 34].

В теле дождевых червей семейства Lumbricidae, обитающих в естественных условиях, содержание воды колеблется от 80 до 87 % [35]. В зависимости от вида и содержимого кишечника нутрициологическая карта сухого вещества тела червя представлена следующими составляющими: 67–72 % белков, 7–19 % жиров, 18–20 % углеводов, 2–3 % минеральных веществ [36; 37]; биохимическая: протеинов – 56 %, липидов и пептидов – по 10 %; другими веществами (нуклеотиды, полисахариды, ферменты, микроэлементы) – 24 % [38–40].

Таким образом, есть реальная возможность получения поликомпонентных кормовых добавок.

Таблица 1
Характеристика некоторых видов белковой кормовой муки [42]

Компоненты, %	Мука				Сухие пивные дрожжи
	из дождевого червя	мясная	рыбная	из соевого шрота	
Сухое вещество	92,9	92,0	92,0	89,0	93,0
Зола	4,8	21,4	19,6	5,8	6,4
Сырой жир	9,0	8,1	7,7	0,9	1,1
Безазотистые экстрактивные вещества	3,0	2,0	1,0	6,0	3,0
Протеин Nx6,25	61,3	59,8	61,3	45,8	44,6
Кальций	0,51	5,94	5,49	0,32	0,13
Фосфор	0,77	3,17	2,81	0,67	1,43

Table 1
Characteristics of some types of protein feed meal [42]

Components, %	Flour				Dry brewer's yeast
	from an earthworm	meat	fish	soybean meal	
Dry matter	92.9	92.0	92.0	89.0	93.0
Ash	4.8	21.4	19.6	5.8	6.4
Crude fat	9.0	8.1	7.7	0.9	1.1
Nitrogen-free extractive matter	3.0	2.0	1.0	6.0	3.0
Protein Nx6.25	61.3	59.8	61.3	45.8	44.6
Calcium	0.51	5.94	5.49	0.32	0.13
Phosphorus	0.77	3.17	2.81	0.67	1.43

Таблица 2

Содержание аминокислот в кормовых продуктах животного происхождения
(масс. % в пересчете на воздушно-сухое вещество) [43]

Наименование аминокислоты	Мясо-костная мука	Кормовая смесь (мука) из культивируемых червей (<i>Eisenia fetida</i> , <i>Dendrobena Veneta</i>)	Рыбная мука
Незаменимые			
Изолейцин	1,518	2,484	3,349
Лейцин	2,123	4,169	4,936
Лизин	1,411	3,724	5,552
Метионин	0,539	1,250	2,368
Треонин	1,287	2,731	3,061
Заменимые			
Аланин	1,705	2,949	3,855
Аргинин	2,122	3,777	4,292
Аспарагиновая кислота	2,862	5,281	7,072
Гистидин	1,308	1,903	2,541
Глицин	2,054	2,713	3,415
Глутаминовая кислота	3,864	8,043	8,983
Пролин	2,142	2,177	3,228
Серин	1,4852	2,670	2,702
Тирозин	0,680	1,886	2,000
Цистин	0,469	0,899	0,841
Фениланин	1,346	2,164	2,587

Table 2

The content of amino acids in animal feed products, calculated from the mass of air-dry matter, % [43]

Amino acid names	Meat-bone meal	Feed mixture (flour) from farmed worms (<i>Eisenia fetida</i> , <i>Dendrobena Veneta</i>)	Fish meal
Indispensable			
Isoleucine	1.518	2.484	3.349
Leucine	2.123	4.169	4.936
Lysine	1.411	3.724	5.552
Methionine	0.539	1.250	2.368
Threonine	1.287	2.731	3.061
Substitutable			
Alanine	1.705	2.949	3.855
Arginine	2.122	3.777	4.292
Asparagic acid	2.862	5.281	7.072
Histidine	1.308	1.903	2.541
Glycine	2.054	2.713	3.415
Glutamic acid	3.864	8.043	8.983
Proline	2.142	2.177	3.228
Serine	1.4852	2.670	2.702
Tyrosine	0.680	1.886	2.000
Cystine	0.469	0.899	0.841
Phenylalanine	1.346	2.164	2.587

Интерес к дождевым червям семейства Lumbricidae как к объекту культивирования значительно возрос вследствие резкого подорожания мясо-костной и рыбной муки в связи с возможностью их использования в качестве источника полноценного белка при производстве кормовых добавок для удовлетворения потребностей продуктивного животноводства и рыбоводства [41].

Мука из биомассы дождевых червей является более дешевой и доступной в сравнении с традиционными видами кормовой муки, а по содержанию основных питательных компонентов не уступает им, а нередко их превосходит (таблица 1).

По содержанию незаменимых аминокислот кормовая мука из биомассы дождевых червей не уступает традиционным видам белковых добавок (таблица 2).

Кроме того, она богата длинноцепочечными жирными кислотами, минеральными веществами, рядом витаминов и никотиновой кислотой [44].

Дождевые черви семейства Lumbricidae – это один из возможных альтернативных источников белка, который может быть использован в пищу [45].

Полученный из червей белок показал высокую эффективность при кормлении всех видов животных, птиц, рыб как в сыром, так и в переработанном виде [46]. Искусственно разводимые дождевые черви семейства Lumbricidae в своей биомассе отличаются повышенным содержанием протеина в сравнении со своими дикими сородичами, обитающими в естественной среде. Это обусловлено возможностью их питания кормами с более высоким содержанием органических веществ, богатых протеином.

Использование дождевых червей семейства Lumbricidae в качестве корма снижает уровень заболеваемости у животных, повышаются надой молока у крупного рогатого скота, а главные продукты – мясо и молоко – приобретают высокие потребительские качества [47].

После добавления вермимуки в рацион питания кур, крупного рогатого скота и рыб производственные показатели (выход яиц, набор веса, удои) вырастают на 20 % и более, а у пушных зверей повышается качество меха [48].

Отдельно хочется отметить работы, в которых отражено положительное влияние на жизнедеятельность и морфо-физиологические характеристики сельскохозяйственных животных и птиц верхового и низового торфа [49–51] и выработанных на его основе вермикомпоста и гуматов [52–55]. Проведенные исследования показали, что вермикомпост не содержит энтерококков, сальмонелл, личинок и яиц гельминтов и цист кишечных простейших и вместе с тем богат органическими веществами, макро- и микроэлементами, хорошо усваиваемыми животными и растениями. Антисептические свойства копролитов червей обусловлены высоким содержанием ферментов и биологически активных веществ. Таким образом, применение вермитехнологий не только способствует утилизации побочных продуктов животноводства, что оказывает благоприятное воздействие на состояние окружающей среды, но и позволяет использовать органосодержащие отходы сельского хозяйства в качестве сырья для выработки ценных органоминеральных удобрений, использование которых будет способствовать восстановлению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Скармливание кормовой добавки на основе торфа на фоне традиционных рационов оказывало положительное влияние на продуктивность и состояние здоровья животных. Было отмечено, что

входящие в ее состав гуминовые кислоты в сложной комбинации с фульвой кислотой и другими органическими соединениями благоприятствовали росту полезных бактерий в кишечнике животных, что, в свою очередь, приводило к улучшению пищеварения, устойчивости к инфекциям и стрессовым факторам. Как следствие, снизилась заболеваемость и зависимость от традиционных ветеринарных методов лечения. При этом количество потребляемых комбикормов животными оставалось стандартным, а стоимость снижалась на 5–20 % за счет как включения более дешевой кормовой добавки, так и уменьшения количества традиционных компонентов кормов, прежде всего зерновых и зернобобовых, что приносило дополнительную прибыль. При этом среднесуточный прирост животных и качество получаемой продукции были выше, чем при традиционном кормлении.

Добавление в рацион домашней птицы, свиней и рыбы массы червей вместе с субстратом, состоящим из растительных остатков с добавлением навоза, позволило заменять рыбную муку [56; 57].

Однако существующие в настоящее время технологии получения муки из биомассы червей достаточно трудоемки, требуют последовательного выполнения различных технологических операций, основными из которых являются отмывание от субстрата, измельчение в гомогенную массу, сушка, термообработка или иной способ стерилизации высушенного продукта, упаковка в специализированную тару.

При этом производственные процессы на каждом этапе технологической цепочки изготовления вермимуки приводят к значительному снижению ее питательной ценности. Так, во время термической обработки и хранения происходят денатурация белков, окисление жиров и разрушение витаминов и биологически активных веществ.

Также предлагаемые различные технологические приемы обезвоживания вермимуки с использованием физических методов, таких как механическое ворошение (перемешивание), прессование, аэрация горячим воздухом, использование СВЧ- и инфракрасного излучения, вакуумная и лиофильная сушка, либо достаточно энерго- и трудоемки, либо требуют приобретения дорогостоящего оборудования, что не по силам не только мелкому, но и среднему сельхозпроизводителю.

Кроме того, на этапах производства вермимуки, прежде всего во время гомогенизации биомассы дождевых червей различными способами (путем перемалывания, измельчения гильотинным способом и т. д.), возможно ее инфицирование патогенной микрофлорой, т. к. белково-липидо-полисахаридный комплекс является прекрасной питательной средой. При этом далеко не все виды последующей обработки способны нивелировать привнесенное извне

патогенное воздействие, прежде всего токсическое, что автоматически исключает использование полученного продукта в качестве кормовой добавки.

Вместе с тем новым мощным источником полноценного животного белка для балансирования кормовых рационов животных могут служить дождевые черви семейства Lumbricidae, культивируемые непосредственно у животноводческих комплексов и птицефабрик, которые способны дать от 70 до 100 кг живых червей с тонны сухой органики на основе свиного, коровьего навоза или птичьего помета [58].

Червей семейства Lumbricidae можно успешно скормливать свиньям, курам, прудовой рыбе, крупному рогатому скоту как в сыром, так и в обработанном виде в количествах, удовлетворяющих их потребность в белках. Мясо животных при этом приобретает высокие товарные свойства [59; 60].

В настоящее время согласно рекомендованным технологиям кормление червями семейства Lumbricidae осуществляется для крупного рогатого скота в виде вермимуки; для свиней – гомогенизированной вермипулпы; птицам и рыбам червей скормливают сырыми.

Возникает вопрос, почему вермитехнологии до настоящего времени, несмотря на подтвержденную в условиях экспериментов высокую эффективность и рентабельность, не получили широкого применения в агропроизводстве.

Основная причина в том, что на каждом этапе переработки вермикультуры возрастает себестоимость конечного продукта. При этом сельскохозяйственные животные и птицы способны потреблять биомассу червей семейства Lumbricidae, в том числе с вермикомпостом, непосредственно. Как показали многочисленные исследования, соотношение

в кормовой добавке биомассы червей должно соответствовать не только видовой принадлежности, но и возрасту животных и птиц.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, анализируя данные источников литературы, можно сделать вывод о возможности широкого применения червей семейства Lumbricidae, субстрата их проживания и выработанного вермикомпоста в качестве кормовой добавки в корм для сельскохозяйственных животных, птиц, прудовых рыб. При этом белок, полученный из червей семейства Lumbricidae, может быть применен как в сыром, так и в переработанном виде. Результатом использования предлагаемых кормовых добавок является повышение объемов и качества как готовой товарной продукции, так и сырья для пищевой и легкой промышленности.

Выращивание биомассы червей семейства Lumbricidae является перспективным способом получения незаменимого для организмов сельскохозяйственных животных вещества – белка, который можно использовать для получения белково-витаминных кормовых добавок в животноводстве и птицеводстве.

При правильно подобранном сырье, являющемся одновременно источником питательных веществ и средой обитания для выращивания червей семейства Lumbricidae, соблюдении комплекса условий культивирования (влажность, температура, освещение и т. д.), можно за короткий промежуток времени получить достаточное количество конечного продукта.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что животноводство располагает безотходной технологией и может стать экологически чистым и экономически выгодным производством.

Библиографический список

1. Жолдакова З. И., Рахманов Р. С., Богомоллова Е. С., Хайров Р. Ш., Олюшина Е. А. Роль сбалансированного питания в метаболизме пищевых веществ // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, № 4. С. 333–338. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-333-338.
2. Elbasiouny H., El-Ramady H., Elbehiry F., Rajput V. D., Minkina T., Mandzhieva S. Plant nutrition under climate change and soil carbon sequestration // Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 2. Article number 914. DOI: 10.3390/su14020914.
3. Елисеева Л. Г., Махотина И. А. Диверсификация рынка растительных белковых препаратов для повышения качества продуктов для здорового питания // Траектории технологического развития. 2023. Т. 2. № 1 (5). С. 62–71. DOI: 10.21686/2782-3555 -2023-1-62-71.
4. Косолапов В. М., Чернявских В. И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 4. С. 5–14. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5.
5. Королев А. А., Урубков С. А., Коптяева И. С., Корнева Л. Я. Зерно бобовых растений. Общая характеристика и применение в технологии пищевого концентрата // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007.
6. Рассказова Н. Т., Вострикова Е. А. Эффективность применения биологически активных веществ в кормлении молодняка кроликов в Приморском крае // Аграрный вестник Приморья. 2020. № 1 (17). С. 23–26.

7. Котарев А. В., Котарева А. О., Василенко И. Н., Шайкин Д. В. Современное состояние и условия устойчивого развития сферы молочного скотоводства в России // Аграрный вестник Урала. 2022. Спецвыпуск «Экономика». С. 31–41. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41.
8. Рождественская Л. Н., Чугунова О. В. Технические решения для эффективного использования продовольственных ресурсов в технологии пищевых систем // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2023. Т. 11, № 4. С. 6–18. DOI: 10.14529/food230401.
9. De Romana D. L., Greig A., Thompson A., Arabi M. Successful delivery of nutrition programs and the sustainable development goals // Current Opinion in Biotechnology. 2021. Vol. 70. Pp. 97–107. DOI: 10.1016/j.copbio.2021.03.004.
10. Bychkova E., Rozhdestvenskaya L., Podgorbunskikh E., Kudachyova P. The problems and prospects of developing food products from high-protein raw materials // Food Bioscience. 2023. Vol. 56. Article number 103286. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.103286.
11. Леднев А. В., Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С., Файзуллин Р. А. Анализ состояния и перспективы развития кормопроизводства в Удмуртской Республике // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-26-35.
12. Sinurat A. P., Pasaribu T., Purwadaria T., Haryati T., Wina E., Wardhani T. Biological evaluation of some plant bioactives as feed additives to replace antibiotic growth promoters in broiler feeds // Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner. 2020. Vol. 25, No. 2. Pp. 81–90. DOI: 10.14334/jitv.v25i2.2501.
13. Neliton K., Hoch G. C., Altermann O. D. C., Rosa F. Fermentative profile and nutritional value of olive bagasse silage with feed additives // Bioscience Journal. 2020. Vol. 36, No. 1. Pp. 191–202. DOI: 10.14393/BJ-v36n1a2020-41792.
14. Garcia-Iborra M., Castanys-Munoz E., Oliveros E., Ramirez M. Optimal protein intake in healthy children and adolescents: evaluating current evidence // Nutrients. 2023. Vol. 15, No. 7. Article number 1683. DOI: 10.3390/nu15071683.
15. Parolini M., Ganzaroli A., Bacenetti J. Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: current applications and future perspectives // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 734. Pp. 139–460. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139460.
16. Малышева К. О., Кашина Т. А., Шутова А. А., Солодников С. Ю., Литвинов В. В., Мехоношина О. О. Изучение острой и хронической токсичности кормовой добавки на основе вермикультуры // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. Т. 24, № 1. С. 114–124. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.114-124.
17. Малышева К. О., Зыкова С. С., Солодников С. Ю., Кашина Т. А., Конрад Н. Г. Биологическая активность кормовой добавки Вермин // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2024. Т. 258, № 2. С. 109–113. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_2_258_109.
18. Gunya B., Julius M. P. Eisenia fetida worm as an alternative source of protein for poultry: a review // International Journal of Tropical Insect Science. 2021. Vol. 42, No. 1. DOI: 10.1007/s42690-021-00531-6.
19. Dharmayudha A. A. G. O., Ardana I. B. K., Budiasa K., Merdana I. M., Gunawan I. W. N. F. Soil worms (*Lumbricus rubellus*) as feed additives for piglets' growth, blood profile and immunomodulators // Bali Medical Journal. 2022. Vol. 11, No. 1. Pp. 250–255. DOI: 10.15562/bmj.v11i1.3190.
20. Леонов И. И., Головачева Н. А., Селиванова И. Р., Хорева Т. И. Влияние скармливания белковой кормовой добавки из муки *Eisenia fetida* на некоторые продуктивные показатели кроликов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 141–148.
21. Семеко Г. В. Мировой продовольственный рынок: современные вызовы и перспективы // Экономические и социальные проблемы России. 2023. № 1. С. 19–43. DOI: 10.31249/espr/2023.01.01.
22. Горшков В. В., Щетинина Е. М. Линейная принадлежность коров как базовый фактор формирования качества молока-сырья // Животноводство и кормопроизводство. 2024. Т. 107, № 3. С. 108–118. DOI: 10.33284/2658-3135-107-3-108.
23. Singh N., Gupta R., Awasthi A., Kumar V. Feeding balanced ration for improving dairy cattle productivity: a review // Journal of Biology and Nature. 2024. Vol. 16, No. 1. Pp. 26–31. DOI: 10.56557/JOBAN/2024/v16i18625.
24. Смирнова В. Р., Кокурин Д. И., Чернявский С. В., Ветчинников Д. В. Ресурсосбережение как основа формирования инновационной инфраструктуры России // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2022. № 60. С. 302–314. DOI: 10.17223/19988648/60/18.
25. Куликова Е. Г., Здоровьева Е. В., Перунова Е. В., Токарева Е. В., Алфимова Н. П. Влияние сухого гомогената дождевых червей на физиолого-биохимический статус лабораторных животных // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 247, № 3. С. 102–107. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-247-3-102-107.
26. Yessenbayeva Zh. Zh., Sainova G. A., Akbasova A. D. Studying the influence of the vermi feed additive on domestic birds (laying hens) // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2022. No. 4-1 (115). Pp. 224–231. DOI: 10.51452/kazatu.2022.4.1243.

27. Kaur T. Vermicomposting: An effective option for recycling organic wastes // *Organic Agriculture*. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91892.
28. Зими́на Д. А., Чачина С. Б. Дождевые черви как альтернативный источник белка // *Химия. Экология. Урбанистика*. 2022. Т. 2. С. 61–64.
29. Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. Технология приготовления вермимуки из компостного червя для кормления объектов аквакультуры // *Аграрная Россия*. 2023. № 11. С. 45–48. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-11-45-48.
30. Byambas P., Hornick J. L., Marlier D., Francis F., Eyvaz M. Vermiculture in animal farming: a review on the biological and nonbiological risks related to earthworms in animal feed // *Cogent Environmental Science*. 2019. Vol. 5, No. 1. DOI: 10.1080/23311843.2019.1591328.
31. Han F., Moughan P. J., Li J., Stroebinger N., Pang S. The complementarity of amino acids in cooked pulse/cereal blends and effects on DIAAS // *Plants*. 2021. Vol. 10, No. 10. Pp. 1999–2019. DOI: 10.3390/plants10101999.
32. Tomićić Z. M., Pezo L. L., Spasevski N. J., Lazarević J. M., Čabarkapa I. S., Tomićić R. M. Diversity of amino acids composition in cereals // *Food and Feed Research*. 2022. Vol. 49, No. 1. Pp. 11–22. DOI: 10.5937/ffr49-34322.
33. Edwards C. A., Arancon N. Q. The role of earthworms in organic matter and nutrient cycles // *Biology and Ecology of Earthworms*. Springer US, New York. 2022. Pp. 233–274. DOI: 10.1007/978-0-387-74943-3.
34. Поддубная И. В., Руднева О. Н., Гуркина О. А., Тарасов П. С., Орленко Е. В. Разработка кормовых добавок для промышленного рыбоводства: монография. Саратов: Саратовский источник, 2024. 110 с.
35. Вершинина И. А., Лебедев С. В. Исследование ответных реакций червей *Eisenia fetida* при внесении в среду обитания наночастиц меди и цинка // *Вестник Нижневартковского государственного университета*. 2022. № 1 (57). С. 45–54. DOI: 10.36906/2311-4444/22-1/05.
36. Смоленцев В. Б., Яровикова Т. А., Исляев В. И. Использование биомассы технологического червя *Eisenia fetida* (Sav.1826) в качестве оригинальных лечебных средств в ветеринарии // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2022. С. 162–164.*
37. Garczyńska M., Kostecka J., Pączka G., Mazur-Pączka A., Cebulak T., Butt K. R. Chemical composition of earthworm (*Dendrobaena veneta* Rosa) biomass is suitable as an alternative protein source // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. No. 20 (4). Article number 3108. DOI: 10.3390/ijerph20043108.
38. Kostecka J., Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A. Chemical composition of earthworm (*Eisenia fetida* Sav.). Biomass and selected determinants for its production // *Journal of Ecological Engineering*. 2022. Vol. 23, No. 7. Pp. 169–179. DOI: 10.12911/22998993/149940.
39. Kavle R. R., Nolan P. J., Carne A., Agyei D., Morton J. D., Bekhit A. E.-D. A. Earth worming – an evaluation of earthworm (*Eisenia andrei*) as an alternative food source // *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 10. Article number 1948. DOI: 10.3390/foods12101948.
40. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature // *Journal of Innovative Sciences*. 2022. Vol. 8, No. 2. Pp. 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
41. Zhou C., Wang Y. Recent progress in the conversion of biomass wastes into functional materials for value-added applications // *Science and Technology of Advanced Materials*. 2020. Vol. 21, No. 1. Pp. 787–804. DOI: 10.1080/14686996.2020.1848213.
42. Дубровин А. В., Харатьян Г. А., Гусев В. А., Голубев А. В. Перспективная ресурсосберегающая технология собственного производства экономичного комбикорма в хозяйствах // *Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сборник материалов Международной научно-технической конференции. Минск, 2012. Т. 2. С. 116–122.*
43. Бугаев О. Г., Леонов И. И., Климов В. А., Хатунцов Д. С., Пономарев А. К. Технология изготовления белковых кормовых смесей для гидробионтов на основе культивируемых червей *Eisenia fetida* и *Dendrobaena veneta* с применением технологии лиофильной сушки // *Рыбное хозяйство*. 2022. № 4. С. 65–70.
44. Зими́на Д. А., Чачина С. Б. Получение возобновляемого источника белка из вермикюльтуры // *Химия. Экология. Урбанистика*. 2023. Т. 1. С. 288–291.
45. Musyoka S. N., Liti D. M., Ogello E., Waidbacher H. Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review // *Aquaculture Research*. 2019. Vol. 50, No. 9. Pp. 2301–2315. DOI: 10.1111/are.14091.
46. Antonova E., Titov I., Pashkova I., Stom D. Vermiculture as a source of animal protein // *International scientific and practical conference “Fundamental and applied research in biology and agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations. FARBA. 2021”*. Orel, 2021. Vol. 254. Article number 08006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125408006.

47. Кароматов И. Д. Дождевые черви как перспективное лекарственное средство // Биология и интегративная медицина. 2022. № 6 (59). С. 104–131.
48. Курбанова Г. В., Есенбаева Ж. Ж. Роль вермикормовых добавок в экологизации животноводства // Наука, техника и образование. 2020. № 6 (70). С. 10–13.
49. Радчиков В. Ф., Цай В. П., Кот А. Н., Пилук С. Н., Джумкова М. В., Малявко И. В., Убушаев Б. С. Возможность использования верхового торфа в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства: сборник научных работ Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию со дня рождения профессора Лебедько Е. Я. Брянск, 2023. С. 306–313.
50. Малышев П. А. Применение смесей из торфа и сапропеля в животноводстве и растениеводстве // Аграрный научный журнал. 2024. № 5. С. 105–111. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp105-111.
51. Олива Т. В., Колесниченко Е. Ю., Панин С. И., Андреева Н. В. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2022. № 4 (26). С. 41–46.
52. Wei S., Li Z., Sun Y., Zhang J., Ge Y., Li Z. A comprehensive review on biomass humification: recent advances in pathways, challenges, new applications, and perspectives // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. Vol. 170. 112984. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112984.
53. Chashmidari Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., da Silva Araujo S. C., Francelino A. L. Feed supplementation with vermi-humus and earthworm (*Eisenia foetida*) powder on broiler productivity // Italian Journal of Animal Science. 2021. Vol. 20, No. 1. Pp. 1054–1062. DOI: 10.1080/1828051X.2021.1932615.
54. Hesami Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., Vlčková R. Effect of diets containing earthworm powder and vermi-humus on egg production, hatchability, blood parameters and immunity of Japanese breeder quails // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2021. Vol. 105, No. 2. Pp. 316–325. DOI: 10.1111/jpn.13453.
55. Ayilara M. S., Olanrewaju O. S., Babalola O. O., Odeyemi O. Waste management through composting: challenges and potentials // Sustainability. 2020. Vol. 12, No. 11. Article number 4456. DOI: 10.3390/su12114456.
56. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Iqbal N., Naeem S., Idrees M., Kaleem Z., Nawaz M.Y., Nawaz M., Sajjad M., Rehman W. U. Vermicomposting methods from different wastes: an environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: a review // International Journal of Food Science and Agriculture. 2021. Vol. 5, No. 1. Pp. 58–68. DOI: 10.26855/ijfsa.2021.03.009.
57. Katakula A. A. N., Handura B., Gawanab W., Itanna F., Mupambwa H. A. Optimized vermicomposting of a goat manure-vegetable food waste mixture for enhanced nutrient release // Scientific African. 2021. Vol. 12, No. 9. Article number e00727. DOI: 10.1016/j.sciaf.2021.e00727.
58. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature // Journal of Innovative Sciences. 2022. Vol. 8, No. 2. Pp. 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
59. Четвергова И. Г., Заболотных М. В. Химический состав и пищевая ценность мяса перепелов при включении в рацион кормовой добавки на основе гуминовых кислот // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (52). С. 102–106.
60. Леонов И. И., Головачева Н. А., Селиванова И. Р., Хорева Т. И. Влияние скармливания белковой кормовой добавки из муки *Eisenia fetida* на некоторые продуктивные показатели кроликов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 141–148.

Об авторах:

Андрей Анатольевич Коровин, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0009-0004-2565-1149, AuthorID 1130738. E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Владимир Владимирович Голембовский, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID 1037177. E-mail: vvh26@yandex.ru

References

1. Zholdakova Z. I., Rakhmanov R. S., Bogomolova E. S., Khayrov R. Sh., Olyushina E. A. The role of a balanced diet in the metabolism of nutrients. *Hygiene and Sanitation*. 2021; 100 (4): 333–338. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-4-333-338. (In Russ.)
2. Elbasiouny H., El-Ramady H., Elbehiry F., Rajput V. D., Minkina T., Mandzhieva S. Plant nutrition under climate change and soil carbon sequestration. *Sustainability*. 2022; 14 (2): 914. DOI: 10.3390/su14020914.

3. Eliseeva L. G., Makhotina I. A. Diversification of the vegetable protein preparations market to improve the quality of products for a healthy diet. *Trajectories Of Technological Development*. 2023; 2 (1-5): 62–71. DOI: 10.21686/2782-3555-2023-1-62-71. (In Russ.)
4. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I. Fodder production: state, problems and the role of Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology in their solution. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022; 36 (4): 5–14. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_5. (In Russ.)
5. Korolev A. A., Urubkov S. A., Koptyaeva I. S., Korneva L. Ya. Legume plant grains. general characterization and application in the technology of food concentrates. *Polzunov Bulletin*. 2020; 2: 35–39. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.007. (In Russ.)
6. Rasskazova N. T., Vostrikova E. A. Effectiveness of the use of biologically active substances in the feeding of young rabbits in Primorsky Krai. *Agrarian Bulletin of Primorye*. 2020; 1 (17): 23–26. (In Russ.)
7. Kotarev A. V., Kotareva A. O., Vasilenko I. N., Shaykin D. V. The current state and conditions of sustainable development of dairy cattle breeding in Russia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022. Special issue “Economy”. Pp. 31–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-228-13-31-41. (In Russ.)
8. Rozhdestvenskaya L. N., Chugunova O. V. Technical solutions for the effective use of food resources in food systems technology. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2023; 11 (4): 6–18. DOI: 10.14529/food230401. (In Russ.)
9. De Romana D. L., Greig A., Thompson A., Arabi M. Successful delivery of nutrition programs and the sustainable development goals. *Current Opinion in Biotechnology*. 2021; 70: 97–107. DOI: 10.1016/j.copbio.2021.03.004.
10. Bychkova E., Rozhdestvenskaya L., Podgorbunskikh E., Kudachyova P. The problems and prospects of developing food products from high-protein raw materials. *Food Bioscience*. 2023; 56: 1032860. DOI: 10.1016/j.fbio.2023.103286.
11. Lednev A. V., Kasatkina N. I., Nelyubina Zh. S., Fayzullin R. A. Analysis of the state and prospects for the development of fodder production in the Udmurt Republic. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 05 (234): 26–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-26-35. (In Russ.)
12. Sinurat A. P., Pasaribu T., Purwadaria T., Haryati T., Wina E., Wardhani T. Biological evaluation of some plant bioactives as feed additives to replace antibiotic growth promoters in broiler feeds. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*. 2020; 25 (2): 81–90. DOI: 10.14334/jitv.v25i2.2501.
13. Neliton K., Hoch G. C., Altermann O. D. C., Rosa F. Fermentative profile and nutritional value of olive bagasse silage with feed additives. *Bioscience Journal*. 2020; 36 (1): 191–202. DOI: 10.14393/BJ-v36n1a2020-41792.
14. Garcia-Iborra M., Castanys-Munoz E., Oliveros E., Ramirez M. Optimal protein intake in healthy children and adolescents: evaluating current evidence. *Nutrients*. 2023; 15 (7): 1683. DOI: 10.3390/nu15071683.
15. Parolini M., Ganzaroli A., Bacenetti J. Earthworm as an alternative protein source in poultry and fish farming: current applications and future perspectives. *Science of the Total Environment*. 2020; 734: 139–460. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139460.
16. Malysheva K. O., Kashina T. A., Shutova A. A., Solodnikov S. Yu., Litvinov V. V., Mekhonoshina O. O. Study of acute and chronic toxicity of feed additive based on vermiculture. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (1): 114–124. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.1.114-124. (In Russ.)
17. Malysheva K. O., Zykova S. S., Solodnikov S. Yu., Kashina T. A., Konrad N. G. Biological activity of feed additive Vermin. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2024; 258 (2): 109–113. DOI: 10.31588/2413_4201_1883_2_258_109. (In Russ.)
18. Gunya B., Julius M. P. Eisenia fetida worm as an alternative source of protein for poultry: a review. *International Journal of Tropical Insect Science*. 2021; 42 (1): 1–8. DOI: 10.1007/s42690-021-00531-6.
19. Dharmayudha A. A. G. O., Ardana I. B. K., Budiasa K., Merdana I. M., Gunawan I. W. N. F. Soil worms (*Lumbricus rubellus*) as feed additives for piglets’ growth, blood profile and immunomodulators. *Bali Medical Journal*. 2022; 11 (1): 250–255. DOI: 10.15562/bmj.v11i1.3190.
20. Leonov I. I., Golovacheva N. A., Selivanova I. R., Khoreva T. I. The effect of feeding a protein feed additive made from eisenia fetida flour on some productive indicators of rabbits. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024; 4: 141–148. (In Russ.)
21. Semeko G. V. World food market: current challenges and prospects. *Economic and Social Problems of Russia*. 2023; 1: 19–43. DOI: 10.31249/espr/2023.01.01. (In Russ.)
22. Gorshkov V. V., Shchetinina E. M. Line of cows as a basic factor in the formation of raw milk quality. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2024; 107 (3): 108–118. DOI: 10.33284/2658-3135-107-3-108. (In Russ.)
23. Singh N., Gupta R., Awasthi A., Kumar V. Feeding balanced ration for improving dairy cattle productivity: a review. *Journal of Biology and Nature*. 2024; 16 (1): 26–31. DOI: 10.56557/JOBAN/2024/v16i18625.

24. Smirnova V. R., Kokurin D. I., Chernyavskiy S. V., Vetchinnikov D. V. Resource conservation as the basis for the formation of Russia's innovation infrastructure. *Tomsk State University Journal of Economics*. 2022; 60: 302–314. DOI: 10.17223/19988648/60/18. (In Russ.)
25. Kulikova E. G., Zdrovyyeva E. V., Perunova E. V., Tokareva E. V., Alfimova N. P. Effect of dry earthworm homogenate on the physiological and biochemical status of laboratory animals. *Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman*. 2021; 247 (3): 102–107. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-247-3-102-107. (In Russ.)
26. Yessenbayeva Zh. Zh., Sainova G. A., Akbasova A. D. Studying the influence of the vermi feed additive on domestic birds (laying hens). *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. 2022; 4-1 (115): 224–231. DOI: 10.51452/kazatu.2022.4.1243.
27. Kaur T. Vermicomposting: an effective option for recycling organic wastes. *Organic Agriculture*. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.91892.
28. Zimina D. A., Chachina S. B. Earthworms as an alternative source of protein. *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2022; 2: 61–64. (In Russ.)
29. Poddubnaya I. V., Rudneva O. N. N., Gurkina O. A., Tarasov P. S., Orlenko E. V. Technology of preparation of worm meal from *Eisenia fetida* for feeding aquaculture facilities. *Agrarian Russia*. 2023; 11: 45–48. DOI: 10.30906/1999-5636-2023-11-45-48. (In Russ.)
30. Byambas P., Hornick J. L., Marlier D., Francis F., Eyvaz M. Vermiculture in animal farming: A review on the biological and non-biological risks related to earthworms in animal feed. *Cogent Environmental Science*. 2019; 5 (1). DOI: 10.1080/23311843.2019.1591328.
31. Han F., Moughan P. J., Li J., Stroebinger N., Pang S. The complementarity of amino acids in cooked pulse/cereal blends and effects on DIAAS. *Plants*. 2021; 10 (10): 1999–2019. DOI: 10.3390/plants10101999.
32. Tomićić Z. M., Pezo L. L., Spasevskil N. J., Lazarević J. M., Čabarkapa I. S., Tomićić R. M. Diversity of amino acids composition in cereals. *Food and Feed Research*. 2022; 49 (1): 11–22. DOI: 10.5937/ffr49-34322.
33. Edwards C. A., Arancon N. Q. The role of earthworms in organic matter and nutrient cycles. *Biology and ecology of earthworms*. Springer US, New York. 2022. Pp. 233–274. DOI: 10.1007/978-0-387-74943-3.
34. Poddubnaya I. V., Rudneva O. N. N., Gurkina O. A., Tarasov P. S., Orlenko E. V. Development of feed additives for industrial fish farming: a monograph. Saratov: Saratovskiy istochnik, 2024. 110 p. (In Russ.)
35. Vershinina I. A., Lebedev S. V. Investigation of the responses of the *Eisenia fetida* worms when copper and zinc nanoparticles are introduced into the habita. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2022; 1 (57): 45–54. DOI: 10.36906/2311-4444/22-1/05. (In Russ.)
36. Smolentsev V. B., Yarovikova T. A., Islyayev V. I. Use of biomass of the technological worm *Eisenia fetida* (Sav. 1826) as original therapeutic agents in veterinary medicine. *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products: proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Yoshkar-Ola, 2022. Pp. 162–164. (In Russ.)
37. Garczyńska M., Kostecka J., Pączka G., Mazur-Pączka A., Cebulak T., Butt K. R. Chemical composition of earthworm (*Dendrobaena veneta* Rosa) biomass is suitable as an alternative protein source. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023; 20 (4): 3108. DOI: 10.3390/ijerph20043108.
38. Kostecka J., Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A. Chemical composition of earthworm (*Eisenia fetida* Sav.). Biomass and selected determinants for its production. *Journal of Ecological Engineering*. 2022; 23 (7): 169–179. DOI: 10.12911/22998993/149940.
39. Kavle R. R., Nolan P. J., Carne A., Agyei D., Morton J. D., Bekhit A. E.-D. A. Earth worming – an evaluation of earthworm (*Eisenia andrei*) as an alternative food source. *Foods*. 2023; 12 (10): 1948. DOI: 10.3390/foods12101948.
40. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: A review on the miracle of nature. *Journal of Innovative Sciences*. 2022; 8 (2): 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
41. Zhou C., Wang Y. Recent progress in the conversion of biomass wastes into functional materials for value-added applications. *Science and Technology of Advanced Materials*. 2020; 21 (1): 787–804. DOI: 10.1080/14686996.2020.1848213.
42. Dubrovin A. V., Kharatyan G. A., Gusev V. A., Golubev A. V. Perspective resource-saving technology of own production of economic mixed fodder in farms. *Scientific and technological progress in agricultural production: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference*. Minsk, 2012. Vol. 2. Pp. 116–122. (In Russ.)
43. Bugaev O. G., Leonov I. I., Klimov V. A., Khatuntsov D. S., Ponomarev A. K. Technology of production of protein feed mixtures for hydrobionts based on cultured worms *Eisenia fetida* and *Dendrobena veneta* using lyophilic drying technology. *Fishery*. 2022; 4: 65–70. (In Russ.)
44. Zimina D. A., Chachina S. B. Obtaining a renewable source of protein from vermiculture. *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2023; 1: 288–291. (In Russ.)

45. Musyoka S. N., Liti D. M., Ogello E., Waidbacher H. Utilization of the earthworm, *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) as an alternative protein source in fish feeds processing: A review. *Aquaculture Research*. 2019; 50 (9): 2301–2315. DOI: 10.1111/are.14091.
46. Antonova E., Titov I., Pashkova I., Stom D. Vermiculture as a source of animal protein. *International Scientific and Practical Conference "Fundamental and Applied Research in Biology and Agriculture: Current Issues, Achievements and Innovations. FARBA. 2021"*. Orel, 2021. Vol. 254. Article number 08006. DOI: 10.1051/e3sconf/202125408006.
47. Karomatov I. D. Earthworms as a promising drug. *Biology and Integrative Medicine*. 2022; 6 (59): 104–131. (In Russ.)
48. Kurbanova G. V., Esenbaeva Zh. J. Role of vermiculture fodder additives in the ecologization of animal husbandry. *Science, technology and education*. 2020; 6 (70): 10–13. (In Russ.)
49. Radchikov V. F., Tsai V. P., Kot A. N., Pilyuk S. N., Dzhumkova M. V., Malyavko I. V., Ubushaev B. S. The possibility of using top peat in the feeding of young cattle. *Breeding-genetic and technological aspects of innovative development of animal husbandry: a collection of scientific papers of the International Scientific and Practical Conference, dedicated to the 65th anniversary of the birth of prof. Lebedko E. Ya.* Bryansk, 2023. Pp. 306–313. (In Russ.)
50. Malyshev P. A. Application of mixtures from peat and sapropel in animal husbandry and crop production. *Agrarny nauchnyi zhurnal*. 2024; 5: 105–111. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp105-111. (In Russ.)
51. Oliva T. V., Kolesnichenko E. Yu. I., Andreeva N. V. Ecological aspects of production and application of vermicompost. *Actual Issues Of Agricultural Biology*. 2022; 4 (26): 41–46. (In Russ.)
52. Wei S., Li Z., Sun Y., Zhang J., Ge Y., Li Z. A comprehensive review on biomass humification: Recent advances in pathways, challenges, new applications, and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022; 170: 112984. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112984.
53. Chashmidari Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., da Silva Araujo S. C., Francellino A. L. Feed supplementation with vermi-humus and earthworm (*Eisenia foetida*) powder on broiler productivity. *Italian Journal of Animal Science*. 2021; 20 (1): 1054–1062. DOI: 10.1080/1828051X.2021.1932615.
54. Hesami Y., Esmailzadeh L., Karimi-Torshizi M. A., Seidavi A., Vlčková R. Effect of diets containing earthworm powder and vermihumus on egg production, hatchability, blood parameters and immunity of Japanese breeder quails. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2021; 105 (2): 316–325. DOI: 10.1111/jpn.13453.
55. Ayilara M. S., Olanrewaju O. S., Babalola O. O., Odeyemi O. Waste management through composting: challenges and potentials. *Sustainability*. 2020; 12 (11): 4456. DOI: 10.3390/su12114456.
56. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Iqbal N., Naeem S., Idrees M., Kaleem Z., Nawaz M.Y., Nawaz M., Sajjad M., Rehman W. U. Vermicomposting methods from different wastes: an environment friendly, economically viable and socially acceptable approach for crop nutrition: a review. *International Journal of Food Science and Agriculture*. 2021; 5 (1): 58–68. DOI: 10.26855/ijfsa.2021.03.009.
57. Katakula A. A. N., Handura B., Gawanab W., Itanna F., Mupambwa H. A. Optimized vermicomposting of a goat manure-vegetable food waste mixture for enhanced nutrient release. *Scientific African*. 2021; 12 (9): e00727. DOI: 10.1016/j.sciaf.2021.e00727.
58. Ahmad A., Aslam Z., Bellitürk K., Ullah E., Raza A., Asif M. Vermicomposting by bio-recycling of animal and plant waste: a review on the miracle of nature. *Journal of Innovative Sciences*. 2022; 8 (2): 175–187. DOI: 10.17582/journal.jis/2022/8.2.175.187.
59. Chetvergova I. G., Zabolotnykh M. V. Chemical composition and nutritional value of quail meat when including in the diet feed additive based on humic acids. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*. 2023; 4 (52): 102–106. (In Russ.)
60. Leonov I. I., Golovacheva N. A., Selivanova I. R., Horeva T. I. Effect of feeding a protein feed additive from *Eisenia fetida* flour on some productive parameters of rabbits. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024; 4: 141–148. (In Russ.)

Authors' information:

Andrey A. Korovin, doctor of medical sciences, leading researcher of the laboratory of industrial technology of livestock production, North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0009-0004-2565-1149, AuthorID 1130738. E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Vladimir V. Golembovskiy, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of industrial technology of livestock production, North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID:1037177. E-mail: vvh26@yandex.ru

Применение экспериментальной композиции бактериофагов в этиотропной терапии желудочно-кишечных болезней с симптомокомплексом диареи у телят (результаты научно-производственного опыта)

А. П. Порываева, А. С. Красноперов, О. Ю. Опарина, Я. Ю. Лысова, О. Г. Томских,
Е. А. Логинов, А. Г. Исаева✉

Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: isaeva.05@bk.ru

Аннотация. Поиск альтернативных методов лечения инфекционных заболеваний остается до сих пор чрезвычайно важным направлением в борьбе с антимикробной резистентностью патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. **Цель** исследования – изучить действие экспериментальной композиции бактериофагов на течение и характер кишечных заболеваний с симптомокомплексом диареи у телят в возрасте до 30 дней. **Методы.** Исследовали действие «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» на течение и характер желудочно-кишечных заболеваний с симптомокомплексом диспепсии у телят голштинской породы в возрасте до 30 дней. **Научная новизна** исследования заключается в положительных изменениях микробиома кишечника телят. **Результаты.** Установлено, что применение «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» подавляет рост патогенной микрофлоры в кишечнике больных телят – бактерий *Staphylococcus spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, в том числе и их устойчивые к антибиотикам штаммы. В течение 14 суток концентрация бактерий *Staphylococcus spp.* уменьшалась на $0,34 \pm 0,09$ lg; *Proteus spp.* – на $0,62 \pm 0,07$ lg; *Pseudomonas aeruginosa* – на $1,3 \pm 0,6$ lg. Положительную динамику снижения концентрации бактерий *Staphylococcus spp.* в микрофлоре кишечника телят регистрировали до 35-х суток научно-производственного опыта включительно. Бактерии *Proteus spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* на 35-е сутки в микрофлоре кишечника телят не выделяли. Зарегистрировано опосредованное положительное действие «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» на микрофлору кишечника телят – восстановление численности строгих анаэробов и микроаэрофилов рода *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacteroides* (бактерий нормофлоры). Применение «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» снижало риск развития рецидива заболеваний желудочно-кишечного тракта с симптомокомплексом диареи у телят в течение 2–3 недель после проведения лечебных мероприятий, а в схеме лечения телят с тяжелой и крайне тяжелой степенью желудочно-кишечных заболеваний позволило снизить интенсивность проявлений симптомокомплекса диспепсии и избежать неблагоприятного исхода заболевания – падежа молодняка.

Ключевые слова: композиция бактериофагов, симптомокомплекс диареи, телята, клиническое состояние, микробиота кишечника, иммуногематологические исследования, серологический скрининг, молекулярно-генетические исследования

Благодарности. Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук № 0532-2021-0004 и № 0532-2021-0007.

Для цитирования: Порываева А. П., Красноперов А. С., Опарина О. Ю., Лысова Я. Ю., Томских О. Г., Логинов Е. А., Исаева А. Г. Применение экспериментальной композиции бактериофагов в этиотропной терапии желудочно-кишечных болезней с симптомокомплексом диареи у телят (результаты научно-производственного опыта) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1235–1257. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1235-1257>.

Дата поступления статьи: 14.05.2025, **дата рецензирования:** 23.06.2025, **дата принятия:** 01.07.2025.

© Порываева А. П., Красноперов А. С., Опарина О. Ю., Лысова Я. Ю., Томских О. Г., Логинов Е. А., Исаева А. Г., 2025

Application of an experimental composition of bacteriophages in the etiotropic therapy of gastrointestinal diseases with a symptom complex of diarrhea in calves (results of scientific and production experiment)

A. P. Poryvaeva, A. S. Krasnoperov, O. Yu. Oparina, Y. Yu. Lysova, O. G. Tomskikh,
E. A. Loginov, A. G. Isaeva✉

Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: isaeva.05@bk.ru

Abstract. The search for alternative methods of treatment of infectious diseases is still an extremely important direction in the fight against antimicrobial resistance of pathogenic and opportunistic microorganisms. **The purpose** of study was to investigate the effect of experimental composition of bacteriophages on the course and character of intestinal diseases with symptom complex of diarrhoea in calves aged up to 30 days. **Methods.** We studied the effect of “Antibacterial composition based on bacteriophage strains” on the course and character of gastrointestinal diseases with symptom complex of dyspepsia in Holstein calves aged up to 30 days. **Scientific novelty** of study lies in the positive changes in the intestinal microbiome of calves. **Results.** It was found that application of “Antibacterial composition based on bacteriophage strains” suppresses the growth of pathogenic microflora in the intestine of sick calves – bacteria *Staphylococcus* spp., *Staphylococcus aureus*, *Proteus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, including their antibiotic-resistant strains. During 14 days the concentration of *Staphylococcus* spp. decreased by 0.34 ± 0.09 lg; *Proteus* spp. – by 0.62 ± 0.07 lg; *Pseudomonas aeruginosa* – by 1.3 ± 0.6 lg. Positive dynamics of *Staphylococcus* spp. bacteria concentration reduction in calf intestinal microflora was registered up to 35 days of scientific and production experiment inclusive. Bacteria *Proteus* spp. and *Pseudomonas aeruginosa* were not detected in the intestinal microflora of calves on the 35th day. The indirect positive effect of “Antibacterial composition based on bacteriophage strains” on calf intestinal microflora – restoration of the number of strict anaerobes and microaerophiles of *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacteroides* genus (normal flora) was registered. The use of “Antibacterial composition based on bacteriophage strains” reduced the risk of recurrence of gastrointestinal tract diseases with symptom complex of diarrhoea in calves within 2–3 weeks after treatment measures, and in the scheme of treatment of calves with severe and extremely severe degree of gastrointestinal diseases allowed to reduce the intensity of manifestations of symptom complex of dyspepsia and avoid unfavourable outcome of the disease – mortality of young animals.

Keywords: bacteriophage composition, symptom complex of diarrhoea, calves, clinical condition, gut microbiota, immunohaematological studies, serological screening, molecular genetic studies

Acknowledgements. The publication was prepared within the framework of implementation of state assignment in accordance with the Program of Fundamental Scientific research of State Academies of Sciences No. 0532-2021-0004 and No. 0532-2021-0007.

For citation: Poryvaeva A. P., Krasnoperov A. S., Oparina O. Yu., Lysova Y. Yu., Tomskikh O. G., Loginov E. A., Isaeva A. G. Application of experimental composition of bacteriophages in etiotropic therapy of gastrointestinal diseases with symptom complex of diarrhoea in calves (results of scientific and production experiment). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1235–1257. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1235-1257>. (In Russ.)

Date of paper submission: 14.05.2025, **date of review:** 23.06.2025, **date of acceptance:** 01.07.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Успешная реализация приоритетных направлений Стратегии научно-технологического развития РФ [1] в секторе АПК на современном этапе в значительной степени обуславливается ростом произ-

водства животноводческой продукции [2; 3]. Основу увеличения выхода продукции животноводства составляет выращивание здорового и приспособленного к условиям промышленного содержания молодняка [4–7].

Одной из наиболее острых проблем для животноводческих предприятий по разведению и выращиванию крупного рогатого скота, которая не потеряла своей актуальности в современных реалиях, являются желудочно-кишечные болезни с симптомокомплексом диареи у телят [6; 8; 9]. Несмотря на то что изучению данного заболевания молодняка посвящено значительное количество научных работ, до настоящего времени нет единого мнения по вопросу, какой этиологический фактор играет ведущую роль в патогенезе. Так, по мнению одних авторов, это неполноценное и несбалансированное кормление беременных коров-матерей [5; 10]. Другие исследователи считают, что таковыми являются алиментарные факторы, как, например, нарушения в выпаивании молозива новорожденным телятам [11; 12]. По мнению третьих, основная роль в развитии болезни принадлежит нарушениям в кишечном биоценозе, при которых регистрируется доминирование условно-патогенной микрофлоры на фоне снижения популяции бифидобактерий и лактобактерий [8; 10].

При промышленном выращивании и содержании молодняка разделение желудочно-кишечных болезней телят на неинфекционные и инфекционные имеет весьма условный характер, так как болезни незаразной этиологии, возникающие, например, в результате дисбаланса обмена веществ в организме, приводят к изменению кишечного биоценоза и повышенной чувствительности к воздействию внешних инфекционных агентов. При этом желудочно-кишечные болезни у телят, как правило, сопровождаются клиническими симптомами, характерными для вторичных инфекций [5; 6; 11].

Из основных бактериальных агентов, вызывающих желудочно-кишечные заболевания у новорожденных телят или осложняющих вирусные кишечные инфекции (*Coronavirus*, *Rotavirus*, *Enterovirus*), чаще всего выделяют *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Streptococcus* spp., *Clostridium* spp., *Campylobacter*, *Pseudomonas* [10; 13; 14]. Учитывая сложную этиологическую структуру желудочно-кишечных болезней телят, в программу профилактики и защиты молодняка от данных заболеваний включают хозяйственно-зоотехнические, санитарно-гигиенические и ветеринарные мероприятия. Основными элементами системы ветеринарных мероприятий являются вакцинация против бактериальных и вирусных инфекций и оптимальные схемы применения средств этиотропной, симптоматической, патогенетической и заместительной терапии [5; 6].

В ветеринарной практике в большинстве протоколов этиотропной терапии желудочно-кишечных болезней с симптомокомплексом диареи у телят для подавления патогенной бактериальной микрофлоры применяют антибиотики группы тетрациклинов, аминогликозидов, полимиксинов и

другие, а также комплексные антибактериальные препараты [15]. В меньшей степени, как средства этиотропной терапии – пробиотики [16]. В настоящее время большое внимание уделяется вопросам поиска альтернативных средств для контроля над патогенными бактериями. По мнению российских и зарубежных авторов, бактериофаги как строго специфичные антибактериальные агенты становятся перспективной альтернативой антибиотикам, вакцинам и пробиотикам для биоконтроля массовых болезней сельскохозяйственных животных [17; 18; 19; 20; 21].

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования выполнены в отделе мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней, в отделе ветеринарной лабораторной диагностики с испытательной лабораторией и в лаборатории иммунологии и патобиохимии Уральского НИВИ – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках государственного задания в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук № 0532-2021-0004 и № 0532-2021-0007.

В научно-производственном опыте (НПО) изучали действие «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов», состоящей из стерильных очищенных фильтратов фаголизатов бактерий *Staphylococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella oxytoca*.

Изучение лечебного действия «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» на течение и характер кишечных заболеваний у телят голштинской породы в возрасте до 30 дней ($n = 19$) проводили в животноводческой организации Белоярского района Свердловской области (рис. 1).

При диспансеризации общее состояние молодняка крупного рогатого скота оценивали по балльной шкале, представленной в таблице 1 [4].

Лабораторные исследования биопроб (крови, сывороток крови, фекалий) от телят контрольной и экспериментальной групп:

Гематологические исследования биопроб крови ($n = 57$) включали определение количества эритроцитов, скорости оседания эритроцитов (СОЭ) концентрации гемоглобина; определение количества лейкоцитов [22]. Для подсчета клеток крови и измерения гемоглобина использовали автоматический ветеринарный гематологический анализатор Abacus Junior Vet (Diatron, Австрия) и стандартные реактивы (Diatron, Австрия); лейкоцитарную формулу подсчитывали в мазках крови, окрашенных по Романовскому – Гимзе. Учет результатов проводили визуально на микроскопе Olympus BX 43 (Olympus, Япония).

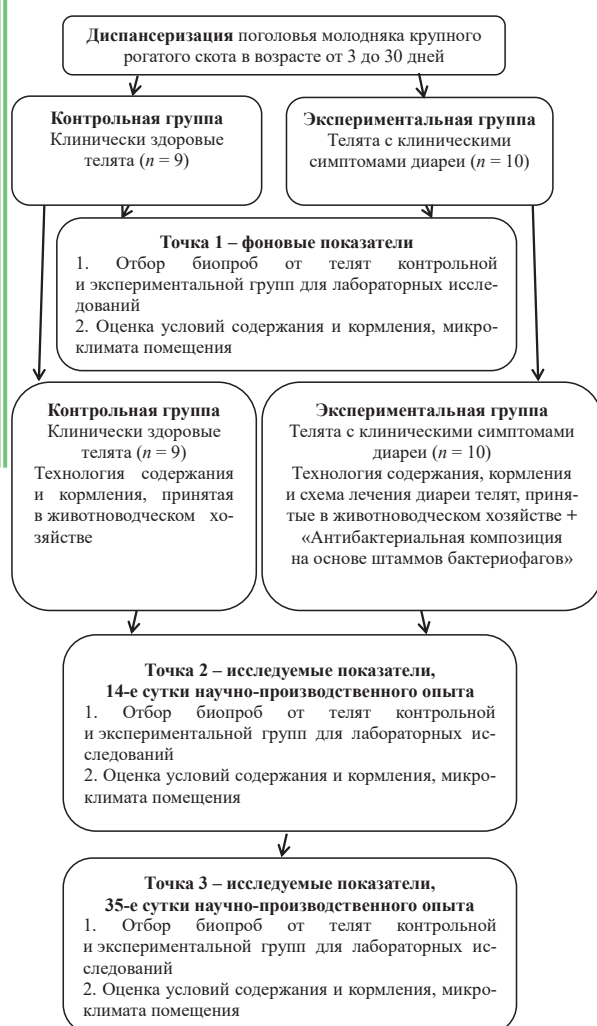


Рис. 1. Схема научно-производственного опыта по изучению действия экспериментальной композиции бактериофагов на течение и характер кишечных заболеваний с симптомокомплексом диареи у телят в возрасте до 30 дней

Иммунологическими исследованиями биопроб крови ($n = 57$) определяли относительное содержание Т- и В-лимфоцитов в реакции спонтанного розеткообразования с эритроцитами барана и мыши, индекс Т/В учитывали как соотношение относительного количества Т-клеток к относительному количеству В-клеток, фагоцитарную активность (ФА) нейтрофилов в опсоно-фагоцитарной реакции. Содержание циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) выявляли методом селективной преципитации полиэтиленгликолем на планшетном фотометре iMark (Bio Rad, США).

Серологический скрининг биопроб сывороток крови ($n = 57$) проводили методом твердофазного ИФА с использованием тест-систем производства IDEXX Laboratories, Inc, США: Chlamydiosis Total Ab Test; Bovine Viral Diarrhoea Virus (BVDV) Antigen Test Kit/Serum Plus; Neospora caninum Ab Test; Cryptosporidium Ag Test; биопроб фекалий ($n = 57$) –

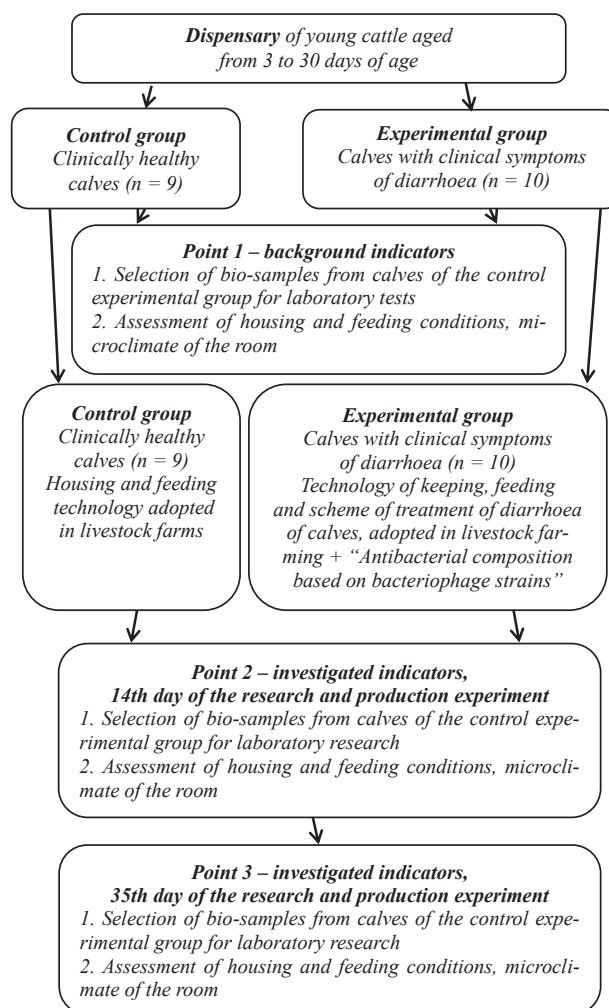


Fig. 1. Diagram of research and production experiment on studying the effect of an experimental bacteriophage composition on the course and nature of intestinal diseases with a symptom complex of diarrhea in calves up to 30 days old

Rota-Corona-K99 Antigen Test. Учет результатов ИФА анализа осуществляли на ридере SUNRISE (Tecan, Австрия). Интерпретацию результатов проводили с помощью оригинального программного обеспечения xChek Assay Management System (IDEXX Laboratories Inc., США).

Молекулярно-генетические исследования биопроб фекалий ($n = 57$) выполняли методом ПЦР. Постановку ПЦР в реальном времени осуществляли в соответствии с инструкциями производителя по применению тест-систем. В работе использовали диагностические наборы для выделения РНК и ДНК из биологического материала «РеалБест экстракция 100», набор для выявления РНК Bovine parainfluenza virus (bPI(3)V), ДНК Clostridium difficile и Clostridium perfringens («ВекторБест», Россия). Амплификацию выполняли на QuantStudio 5 (США).

Таблица 1

**Основные параметры показателей общего состояния молодняка крупного рогатого скота
при желудочно-кишечных расстройствах**

Biology and biotechnologies

Показатель	Характеристика показателя	Коэффициент показателя
1. Тургор кожи (время расправления кожной складки)	В течение 1 секунды	2
	В течение 2–3 секунд	1
	В течение 3–5 секунд и более	0
2. Глазные яблоки	Глазные яблоки в норме	1
	Западение глазных яблок	0
3. Упитанность	Мускулатура развита, остистые отростки не выступают	2
	Остистые отростки немного выступают, ребра легко прощупываются, голодные ямки слегка запавшие	1
	Истощение, остистые отростки четко очерчены, межреберные промежутки впавшие, западение голодных ямок	0
4. Цвет слизистых оболочек	Розовые, влажные	2
	Слизистые рта, носа и носовое зеркальце сухие, анемичные	1
	Слизистые оболочки сухие, бледные, цианозные	0
5. Двигательная активность, аппетит	Состояние удовлетворительное, теленок активно передвигается, аппетит сохранен	3
	Незначительное угнетение, животное вялое, двигательная активность и аппетит снижены	2
	Угнетение, вялость, большую часть времени теленок находится в положении лежа, аппетит отсутствует	1
	Сильное угнетение, животное в состоянии прострации, все время лежит	0
6. Шерстный покров	Шерсть гладкая, чистая, блестящая	1
	Шерсть взъерошена, без блеска, кожа сухая, жесткая	0
7. Консистенция фекалий	Кашицеобразная или тестообразная	4
	Жидкая	3
	Водянистая	2
	«Рисовая вода»	1
	Отсутствие выделений	0
8. Цвет фекалий	Светло-коричневый	4
	Темно-желто-коричневый	3
	Желтый	2
	Зеленый	1
9. Запах фекалий	Естественно пряный	3
	Кислый	2
	Гнилостный	1
10. Включения	Отсутствие включений	+1
	Пузырьки газа	–1
	Кровь и/или сгустки крови	–1
	Слизь	–1
	Паразиты	–1

Примечание. Интерпретация результатов тестирования:

23–21 балл – нормоэргическое состояние; условно здоровый организм;

20–19 баллов – легкая степень тяжести заболевания;

18–16 баллов – средняя степень тяжести заболевания;

15–13 баллов – тяжелая степень;

≤ 12 баллов прогноз исхода заболевания неблагоприятный.

Table 1

Main parameters of general condition indicators of young cattle with gastrointestinal disorders

<i>Indicator</i>	<i>Characteristic of the indicator</i>	<i>Indicator coefficient</i>
1. Skin turgor (skin fold return time)	Returns within 1 second	2
	Returns within 2–3 seconds	1
	Returns within 3–5 seconds or more	0
2. Eyeballs	Normal eyeballs	1
	Sunken eyeballs	0
3. Body condition	Musculature developed, spinous processes not prominent	2
	Spinous processes slightly prominent, ribs easily palpable, slight hollowing	1
	Emaciation, spinous processes clearly defined, intercostal spaces sunken, hollowing pronounced	0
4. Mucous membrane color	Pink, moist	2
	Mouth, nose mucosa and nose mirror dry, anemic	1
	Mucous membranes dry, pale, cyanotic	0
5. Motor activity, appetite	Satisfactory condition, calf moves actively, appetite preserved	3
	Slight depression, animal lethargic, reduced motor activity and appetite	2
	Depression, lethargy, calf mostly lying down, appetite absent	1
	Severe depression, animal in prostration, lying all the time	0
6. Coat condition	Coat smooth, clean, shiny	1
	Coat ruffled, dull, skin dry, rough	0
7. Feces consistency	Pasty or dough-like	4
	Liquid	3
	Watery	2
	“Rice water” appearance	1
	No discharge	0
8. Feces color	Light brown	4
	Dark yellow-brown	3
	Yellow	2
	Green	1
9. Feces odor	Naturally spicy	3
	Sour	2
	Putrid	1
10. Inclusions	No inclusions	+1
	Gas bubbles	-1
	Blood and/or blood clots	-1
	Mucus	-1
	Parasites	-1

Note. Interpretation of test results:

23–21 points – normoergic condition; conditionally healthy organism;

20–19 points – mild severity of disease;

18–16 points – moderate severity of disease;

15–13 points – severe degree;

≤ 12 points – unfavorable disease prognosis.

Выделение и идентификацию бактерий содержимого толстого отдела кишечника телят (биопробы фекалий, $n = 57$) проводили в соответствии с нормативными документами [23]. Посев проб осуществляли на плотные питательные среды: энтерокоагар, Эндо, среда № 10, среда Чапека, ВСА, XLD агар, Плоскирева, Левина, Сабуро (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия); гектоновый агар, цетримидный агар ("Pronadisa" Conda, Испания). Изучение биохимических свойств бактериальных изолятов – на средах Олькеницкого, среде Симмонса, среде Ресселя, среде Клиглера и средах Гисса с различными сахарами. В работе использовали пластины биохимические, дифференцирующие энтеробактерии (ПБДЭ), тест-системы для биохимической идентификации и межвидовой дифференциации микроорганизмов рода *Salmonella* «ДС-ДИФ-САЛЬМОНЕЛЛА», тест-системы для биохимической идентификации и дифференциации грамотрицательных неферментирующих бактерий «ДС-ДИФ-НЕФЕРМ», тест-системы для биохимической идентификации и дифференциации стафилококков «ДС-ДИФ-СТАФИ-16» (ООО НПО «Диагностические системы», Россия). Определение патогенности выделенных микроорганизмов проводили путем постановки биопробы на лабораторных животных, а в отношении *Staphylococcus aureus* – с использованием набора реагентов «Плазма кроличья цитратная сухая» (АО «НПО „Микроген“», Москва). Определение чувствительности изолятов микроорганизмов к антибактериальным препаратам осуществляли диско-диффузионным методом [24]. Вы-

бор действующих веществ основывали на данных о наиболее часто применяемых антибактериальных препаратах в животноводческих предприятиях на территории Свердловской области [15; 25].

Копрологические исследования биопроб фекалий ($n = 57$) проводили методом седиментационной и флотационной диагностики по Фюллеборну в соответствии с ГОСТ 25383-82 «Методы лабораторной диагностики кокцидиоза» и ГОСТ 54627-2011 «Методы лабораторной диагностики гельминтозов». Учет результатов исследования и определение видовой принадлежности возбудителя осуществляли на микроскопе MC 50 (MICROS, Австрия) и на системном микроскопе BX43 (Olympus, Япония).

Оценку условий содержания и кормления, микроклимата помещения проводили в соответствии с нормативными документами [26].

«Антибактериальная композиция на основе штаммов бактериофагов» состояла из равных объемов лекарственных препаратов «Пиофаг»® и «Бактериофаг колипротейный». Лекарственные препараты и их соотношение в экспериментальной композиции были подобраны по результатам ранее выполненных нами исследований [27, с. 304-306]. Характеристика лекарственных препаратов и способ их применения на телятах приведены далее по тексту.

«Антибактериальная композиция на основе штаммов бактериофагов»: 10 мл «Пиофага»® + 10 мл «Бактериофага колипротейного» = 20 мл на 1 голову внутрь с водой или молоком 1 раз в день в течение 3 суток.



Рис. 2. Телята голштинской породы в возрасте 4–5 дней. Летний профилакторий животноводческой организации Белярского района Свердловской области, 30.07.2024 г. (фотография А. С. Красноперова, А. П. Порываевой)
Fig. 2. Holstein calves aged 4–5 days. Summer prophylactic facility of the livestock organization of Belyarskiy district, Sverdlovsk region, July 30, 2024 (photo by A. S. Krasnoperov, A. P. Poryvaeva)

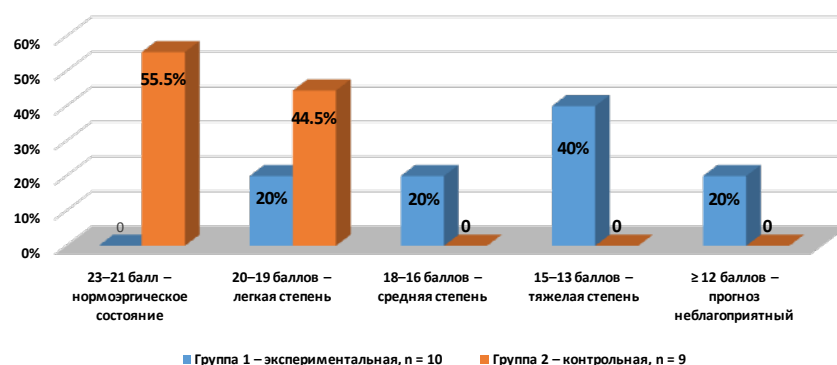


Рис. 3. Распределение телят в группах научно-производственного опыта по клиническому состоянию, %. Точка 1 «Фоновые показатели»

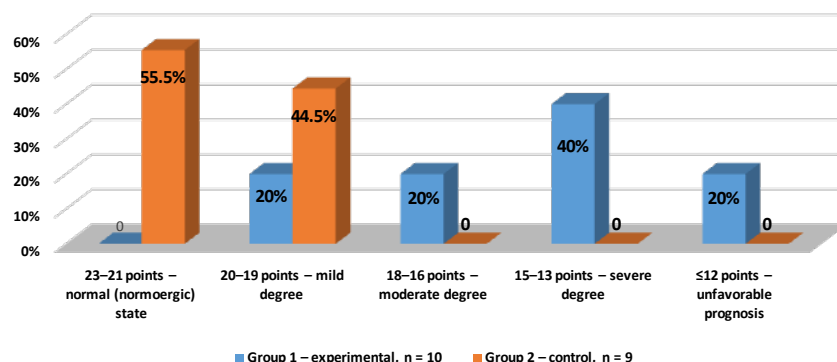


Fig. 3. Distribution of calves in groups of scientific and production experiment by clinical condition, %. Point 1 “Baseline indicators”

«Пиофаг®» – раствор для приема внутрь местного и наружного применения (производитель АО «НПО „Микроген“», Россия), рег. № ЛП- (002513)-(РГ-РУ) от 13.06.23).

«Бактериофаг колипротейный» – раствор для приема внутрь местного и наружного применения (производитель АО «НПО „Микроген“», Россия), рег. № ЛП- (004987)-(РГ-РУ) от 25.03.24).

Статистическую обработку эмпирических данных проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics.

Результаты (Results)

На момент начала НПО (30.07.2024 г.) в летнем профилактории животноводческой организации Белоярского района Свердловской области содержалось 29 телят голштинской породы в возрасте от 3 до 20 дней. Разница в возрасте телят, находящихся в одной клетке, составляла 1–2 дня. Количество голов в одной клетке – 3 (рис. 2). Условия содержания и кормления, показатели микроклимата помещения соответствовали нормативным [26].

При клиническом осмотре телят было установлено, что 34,4 % (10 голов) от общего количества обследованного молодняка страдают желудочно-кишечными расстройствами. Возраст телят с симптомокомплексом диареи составлял: 14 дней – 1 особь; 10 дней – 3 особи; 7–8 дней – 6 особей. Оценку тяжести клинического состояния больных телят проводили в баллах по параметрам, приведенным в

таблице 1. По результатам осмотра и оценке клинического состояния животных было сформировано две группы: группа 1 экспериментальная – 10 голов телят с желудочно-кишечными расстройствами, возраст 7–14 дней; группа 2 контрольная – 9 голов телят без симптоматики желудочно-кишечных расстройств, возраст 8–11 дней (рис. 3).

Анализ результатов комплексных исследований биопроб (сывороток крови, фекалий) от телят показал, что в момент начала НПО в данных группах отсутствовали животные, инфицированные вирусами BVDV, bPI(3)V, Rotavirus bovines, BCoV, микроорганизмами семейства Chlamydiosis, возбудителями неоспороза и кокцидиозов, а также инвазированные гельминтами.

При исследовании микробиоты кишечника [23] было установлено, что у обследованных телят отмечается снижение содержания бактерий, относящихся к нормальной микрофлоре, и увеличение концентрации микроорганизмов условно-патогенной и патогенной микрофлоры. Выявленные изменения в микробиоте кишечника имели более выраженный характер у телят экспериментальной группы. Так, суммарная доля бактерий нормальной микрофлоры была снижена в 1,7 раза по сравнению с нормативными показателями эубиоза кишечника телят [23] и составляла 57,4 %. Аналогичный показатель нормальной микрофлоры у телят контрольной группы: 81,4 % (рис. 4).

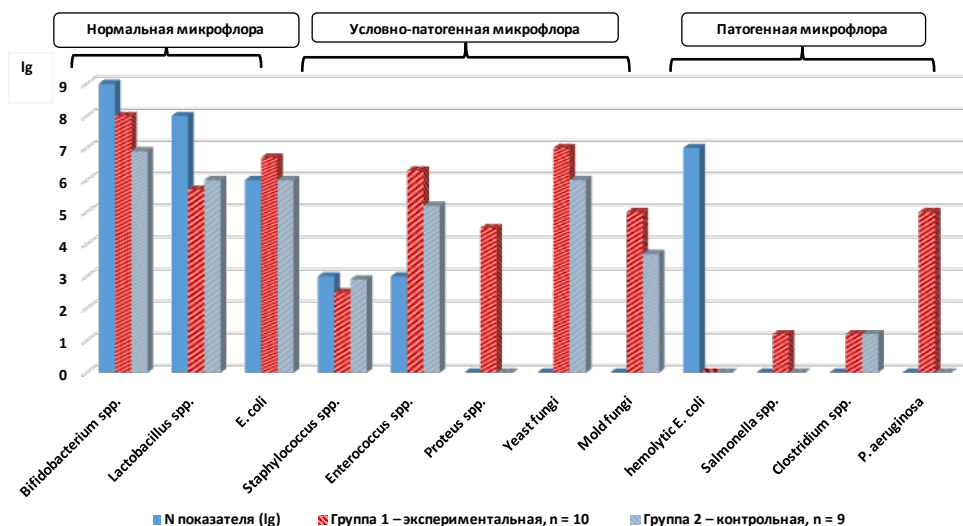


Рис. 4. Видовой состав микробиоты кишечника у телят, входящих в группы научно-производственного опыта. Точка 1 «Фоновые показатели»

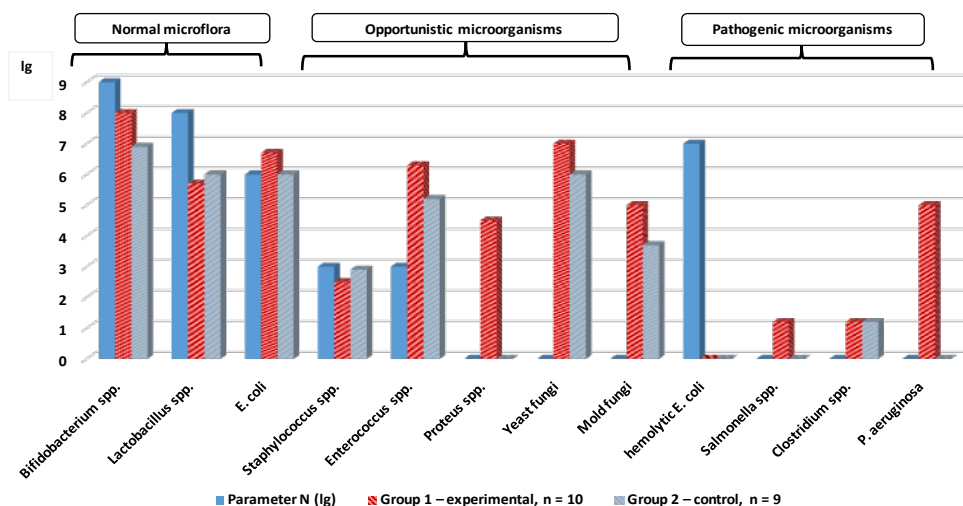


Fig. 4. Species composition of intestinal microbiota in calves included in groups of scientific and production experiment. Point 1 "Baseline indicators"

Анализ полученных данных о видовом составе микроорганизмов, выделенных из биопроб фекалий от обследованных телят ($n = 19$), а также из смывов с технологических поверхностей животноводческого помещения и инвентаря для кормления телят ($n = 6$), позволяет утверждать, что на территории летнего профилактория доминирующим патогенным микроорганизмом являлся *Staphylococcus aureus*, который выделяли в 24 % от общего количества исследованных образцов биопроб. Вторыми по значимости были *Enterobacter* spp. – 15 %, *Proteus* spp. – 16 %, *Clostridium* (*Cl. difficile* A / *Cl. difficile* нетоксигенный тип) – 16 %. В роли минорных патогенных микроорганизмов выступали *Pseudomonas aeruginosa* – 8 %, *Enterococcus faecium*, *Salmonella* spp., *Mucor* spp. – по 4 % каждый (рис. 5).

При определении чувствительности выделенных патогенных микроорганизмов к антибиотикам было показано, что 10 изолятов обладали резистентностью к трем и более препаратам (таблица 2).

Как видно из представленных в таблице 2 данных, выделенные изоляты *Staphylococcus aureus*, *Proteus* spp., *Pseudomonas aeruginosa* обладали резистентностью к доксициклину, амоксициллину и тилозину. Изоляты *Staphylococcus aureus*, кроме того, были резистентны к тилозину и гентамицину и умеренно чувствительны (++) к цефоксину и неомицину.

Результаты проведенного нами анализа видового состава патогенных микроорганизмов позволяют сделать некоторые частные выводы, представляющие интерес для нашего исследования:

1) на территории обследованного животноводческого предприятия циркулирует полирезистентный штамм *Staphylococcus aureus*;

2) на данном предприятии имеет место феномен микробиологической усталости помещений – постоянное присутствие инфекционных агентов на участке выращивания молодняка;

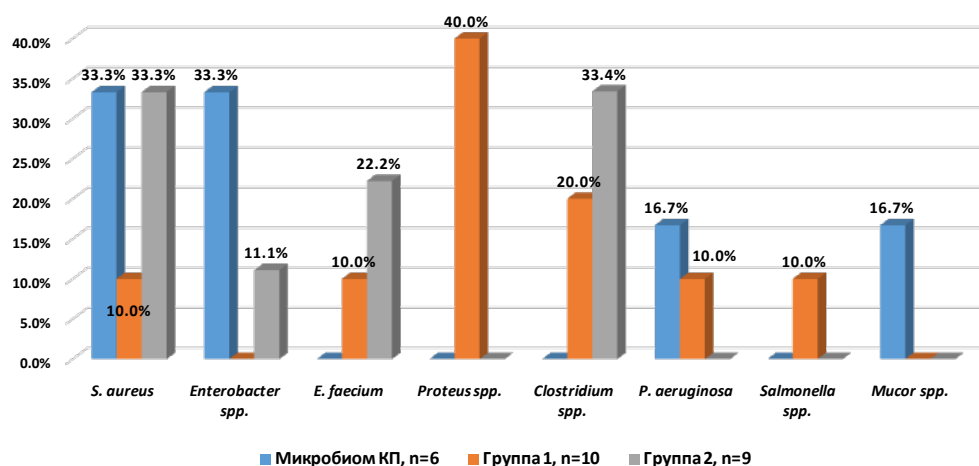


Рис. 5. Видовой состав патогенных микроорганизмов, выделенных из смывов с технологических поверхностей животноводческого помещения и инвентаря для кормления телят (микробиом КП, n = 6) и биопроб фекалий от обследованных телят (группа 1 экспериментальная, n = 10; группа 2 контрольная, n = 9)

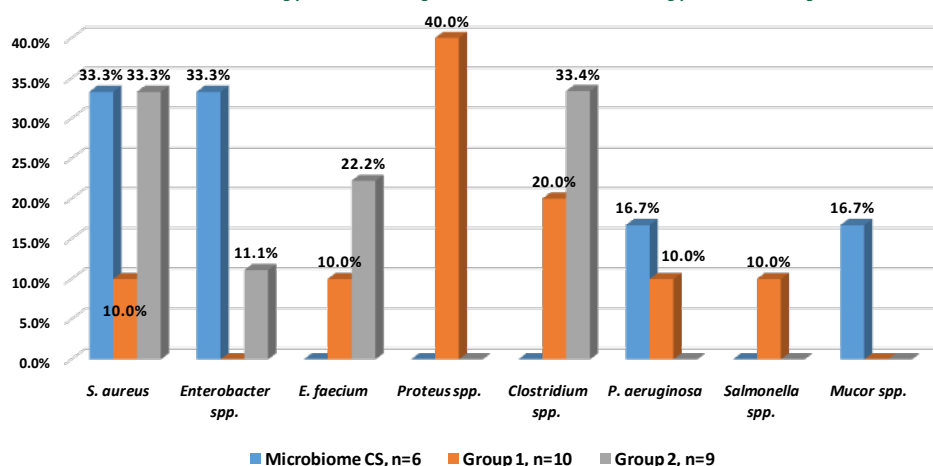


Fig. 5. Species composition of pathogenic microorganisms isolated from swabs of technological surfaces in the livestock facility and feeding equipment for calves (microbiome contact surface, n = 6) and fecal bioprobes from examined calves (group 1 experimental, n = 10; group 2 control, n = 9)

Таблица 2

Результаты исследования по определению чувствительности выделенных изолятов патогенных микроорганизмов к антибактериальным препаратам

Антибактериальный препарат	Патогенный микроорганизм		
	<i>Staphylococcus aureus</i> *, n = 4	<i>Proteus spp.</i> **, n = 4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ***, n = 2
Энрофлоксацин	0	+++	+++
Доксициклин	0	0	0
Амоксициллин	0	0	0
Цефоксин	++	+++	0
Тилозин	0	0	0
Гентамицин	0	+	+
Неомицин	++	++	++

Примечание.

* *Staphylococcus aureus* – 2 изолята из биопроб фекалий от телят группы № 1 и группы № 2; 2 изолята из биопроб смывов с технологических поверхностей;

** *Proteus spp.* – 4 изолята из биопроб фекалий от телят группы № 1;

*** *Pseudomonas aeruginosa* – 1 изолят из биопроб фекалий от телят группы № 2; 1 изолят из биопроб смывов с технологических поверхностей.

Table 2

Results of the study on determining the sensitivity of isolated pathogenic microorganisms to antibacterial drugs

Antibacterial drug	Pathogenic microorganism		
	<i>Staphylococcus aureus</i> *, n = 4	<i>Proteus spp.</i> **, n = 4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ***, n = 2
Enrofloxacin	0	+++	+++
Doxycycline	0	0	0
Amoxicillin	0	0	0
Cefoxin	++	+++	0
Tylosin	0	0	0
Gentamicin	0	+	+
Neomycin	++	++	++

Note.

* *Staphylococcus aureus* – 2 isolates from fecal bioprobes of calves from Group 1 and Group 2; 2 isolates from swab bioprobes of technological surfaces;** *Proteus spp.* – 4 isolates from fecal bioprobes of calves from Group 1;*** *Pseudomonas aeruginosa* – 1 isolate from fecal bioprobes of calves from Group 2; 1 isolate from swab bioprobes of technological surfaces.

3) одним из источников инфицирования молодняка резистентными штаммами *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* служит микробиом летнего профилактория для телят.

Бактериальная этиология заболевания желудочно-кишечного тракта у молодняка экспериментальной группы подтверждалась результатами иммуногематологических исследований. Так, у данных телят в 70 % случаев регистрировали лейкоцитоз ($15,3\text{--}31,0 \cdot 10^9/\text{л}$), смещение лейкоцитарной формулы влево вследствие увеличения в 1,8–2,3 раза количества клеток нейтрофильного ряда. Иммунные реакции организма у данных телят характеризовались активацией фагоцитоза (ФА от 58 % до 67 %).

Телятам экспериментальной группы в течение 3 дней выпаивали с молоком по 20 мл на голову «Антибактериальную композицию на основе штаммов бактериофагов». На 14-й день НПО регистрировали положительную динамику в клиническом состоянии животных с симптомокомплексом диареи (рис. 6) и отрицательную динамику у телят контрольной группы (рис. 7).

Негативные изменения в клиническом состоянии у молодняка группы 2 были обусловлены ростом условно-патогенной и патогенной микрофлоры в микробиоте кишечника, что подтверждалось данными выполненных микробиологических исследований и результатами комплексной диагностики. В группе 1 и группе 2 не выявляли телят, инфицированных возбудителями BVDV, bPI(3)V, Rotavirus bovines, BCoV семейства *Chlamydiosis*, кокцидиозов и неоспороза. У телят экспериментальной группы 1, напротив, в этот период отмечали снижение антигенной нагрузки на организм вследствие уменьшения концентрации патогенных микроорганизмов (рис. 8). Необходимо отметить, что у данного молодняка регистрировали увеличение количества представителей нормальной микрофлоры кишечника: *Bifidobacterium* в среднем на $0,4 \lg$,

Lactobacillus – на $0,5 \lg$ по сравнению с аналогичными показателями до применения «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» (рис. 4).

У телят контрольной группы в 55,6 % случаев диагностировали уменьшение количества бактерий нормальной микрофлоры кишечника: *Bifidobacterium* в среднем на $1,6 \lg$, *Lactobacillus* – на $2,1 \lg$; увеличение количества условно-патогенной и патогенной микрофлоры: *Staphylococcus spp.* – на $0,4 \lg$, *Enterococcus spp.* – на $0,5 \lg$, *Proteus spp.* – на $4,4 \lg$, дрожжей – на $1,1 \lg$, клостридий – на $0,7 \lg$, *Pseudomonas aeruginosa* – на $4,2 \lg$ по сравнению с аналогичными показателями в начале НПО (рис. 4). Вместе с тем следует подчеркнуть, что достоверных изменений в видовом составе микробиома летнего профилактория и критических колебаний показателей микроклимата в нем не регистрировали. Сопоставление полученных результатов с большой долей вероятности позволяет предположить, что у данных телят имели место нарушения в формировании микробиоты кишечника и инфицирование патогенными бактериями в первые сутки жизни. В течение 14 суток в зависимости от индивидуальных особенностей организма телят и патогенетических характеристик возбудителей происходило развитие заболевания с симптомокомплексом диареи.

Изменения в клиническом состоянии телят экспериментальных групп НПО были подтверждены результатами иммуногематологических исследований. У телят группы 1 при снижении патогенной бактериальной нагрузки на кишечник и стабилизации нормальной микрофлоры в 60 % случаев гематологические показатели соответствовали физиологическим видовым показателям. У двух телят (20 %) со средней степенью тяжести желудочно-кишечных расстройств (18–16 баллов) регистрировали умеренный лейкоцитоз ($13,5 \cdot 10^9/\text{л}$ и $14,1 \cdot 10^9/\text{л}$) и увеличение концентрации тромбо-

цитов до $938 \cdot 10^9/\text{л}$. Выраженную воспалительную реакцию диагностировали в 10 % случаев – лейкоцитоз ($25,8 \cdot 10^9/\text{л}$), увеличение в 1,7 раза количества клеток нейтрофильного ряда (рис. 9). В 40 % случаев у животных сохранялось напряжение в

клеточном звене иммунитета: фагоцитарная активность 65–68 %; иммунорегуляторный индекс $T_{\text{кл}}/B_{\text{кл}}$ 2,3–2,6 у. е. (показатели физиологической видовой нормы: 45–60 % и 1,5–2,0 у. е. соответственно).

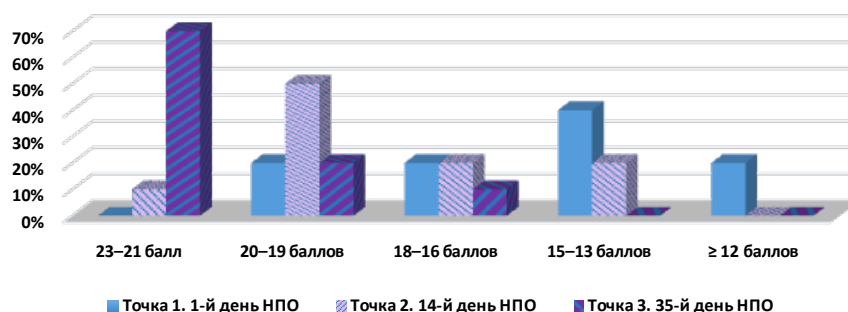


Рис. 6. Динамика изменений клинического состояния телят экспериментальной группы ($n = 10$) в период проведения научно-производственного опыта

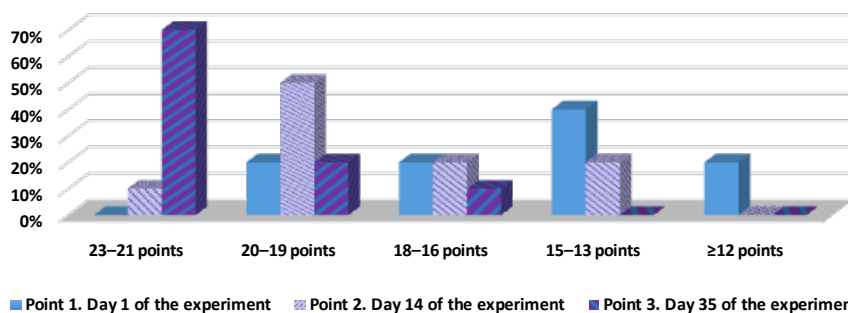


Fig. 6. Dynamics of changes in the clinical condition of calves in the experimental group ($n = 10$) during the scientific and production experiment period

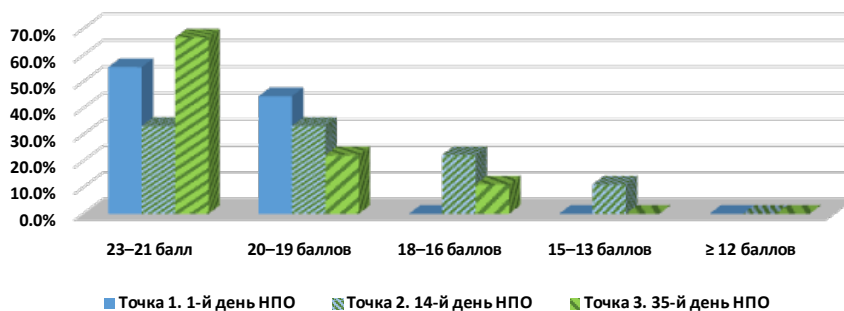


Рис. 7. Динамика изменений клинического состояния телят контрольной группы ($n = 9$) в период проведения научно-производственного опыта

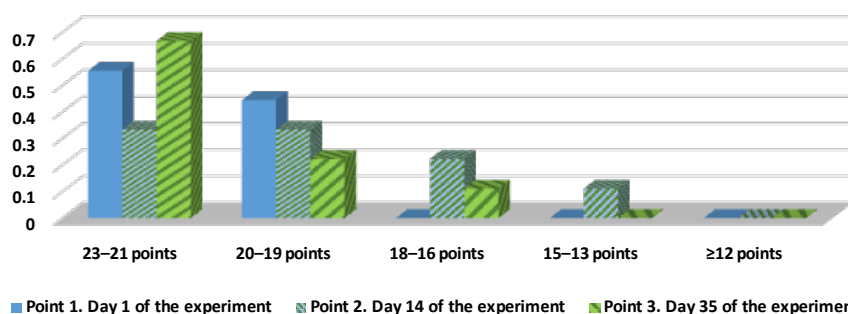


Fig. 7. Dynamics of changes in the clinical condition of calves in control group ($n = 9$) during the scientific and production experiment period

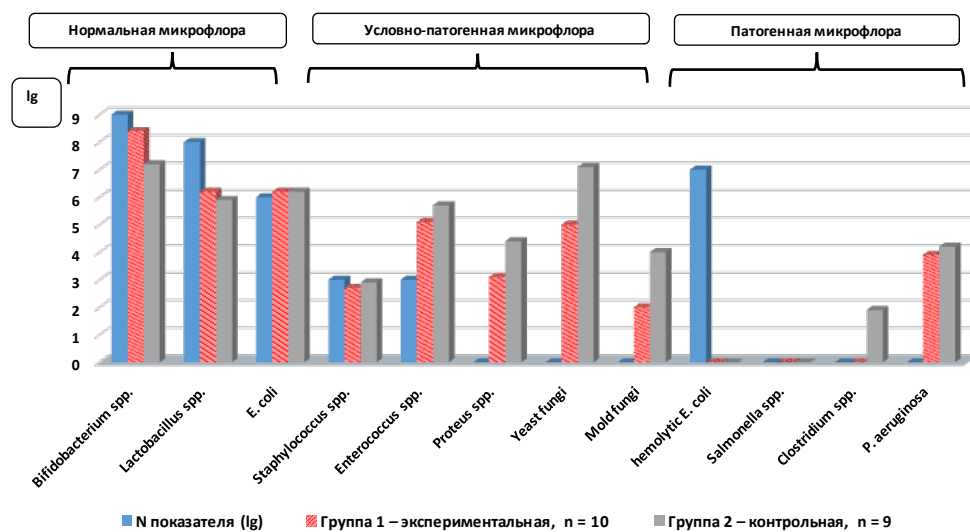


Рис. 8. Видовой состав микробиоты кишечника у телят группы 1 и группы 2, 14-й день научно-производственного опыта

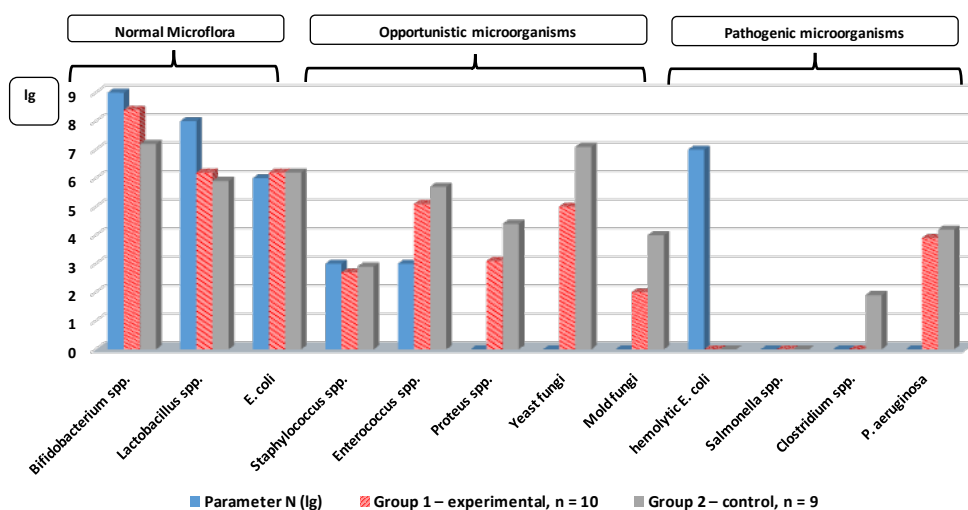


Fig. 8. Species composition of intestinal microbiota in calves of group 1 and group 2 on the 14th day of the scientific and production experiment



Рис. 9. Теленок инв. № 717, экспериментальная группа 1, показатель общего состояния – 13 баллов, тяжелая степень заболевания (фотографии А. С. Красноперова, А. П. Порываевой)

Fig. 9. Calf inventory No. 717, experimental group, overall condition score – 13 points, severe disease (photos by A. S. Krasnoperov, A. P. Poryvaeva)

У телят контрольной группы в 44,4 % случаев гематологические показатели соответствовали физиологическим видовым показателям. В 55,6 % случаев у телят при увеличении патогенной бактериальной нагрузки на кишечник и развитии дисбактериоза регистрировали умеренный лейкоцитоз ($13,8\text{--}15,3 \cdot 10^9/\text{л}$), увеличение концентрации тромбоцитов ($856\text{--}882 \cdot 10^9/\text{л}$), смещение лейкоцитарной формулы влево вследствие увеличения в 1,4–1,6 раза количества клеток нейтрофильного ряда. В иммунитете у данных телят преобладали реакции клеточного звена, так у них отмечали увеличение количества фагоцитирующих клеток (ФА от 58 % до 61 %).

Телята экспериментальной группы (возраст 31–38 дней) и контрольной группы (возраст 32–35 дней) в соответствии с зоотехническим регламентом, принятом в животноводческом предприятии, были переведены в помещение «Молодняк 1–6 месяцев» с выгульными площадками. Количество телят в одной клетке-секции – 8–10 голов. Разница в возрасте телят, находящихся в одной клетке-секции, составляла 7–14 дней. Рацион кормления молодняка, показатели микроклимата животноводческого помещения «Молодняк 1–6 месяцев» соответ-

ствовали нормативным [26]. На момент завершения НПО (рис. 1) телята группы 1 и группы 2 содержались на территории животноводческого помещения «Молодняк 1–6 месяцев» в течение 10 дней.

Как известно, технологические стрессы, такие как перемещение/перевозка животных, смена кормового рациона и ветеринарно-санитарные обработки, являются негативными факторами, которые существенно снижают резистентность организма телят к бактериальным инфекциям, обусловленным условно-патогенными микроорганизмами. Роль резервуаров условно-патогенных и патогенных микроорганизмов в современных условиях технологий выращивания молодняка крупного рогатого скота играет микробиом животноводческих помещений [10; 18]. С целью адекватной оценки клинического состояния телят группы 1 и группы 2 и видового состава микробиоты кишечника нами был проведен сравнительный анализ микробиома летнего профилактория и микробиома животноводческого помещения «Молодняк 1–6 месяцев». Относительное количество биопроб (смылов с технологических поверхностей), содержащих выделенные условно-патогенные и патогенные микроорганизмы, представлено на рис. 10.

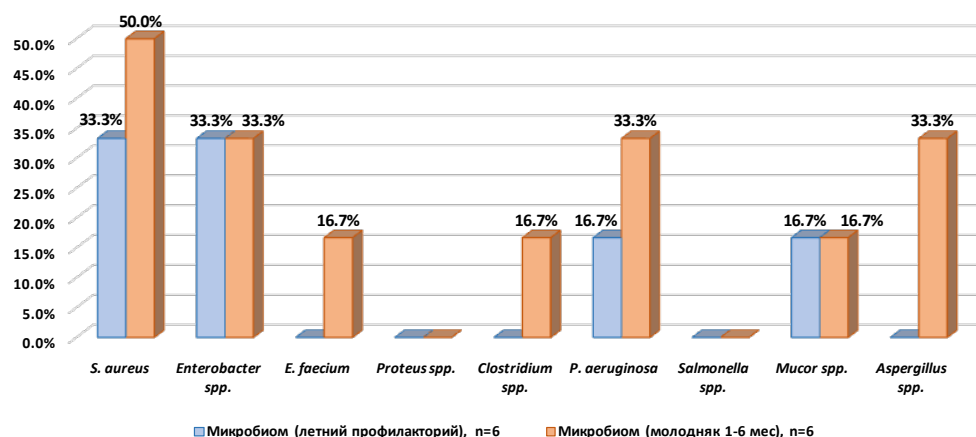


Рис. 10. Условно-патогенные и патогенные микроорганизмы в микробиомах помещений для выращивания молодняка крупного рогатого скота в животноводческой организации Белоярского района Свердловской области

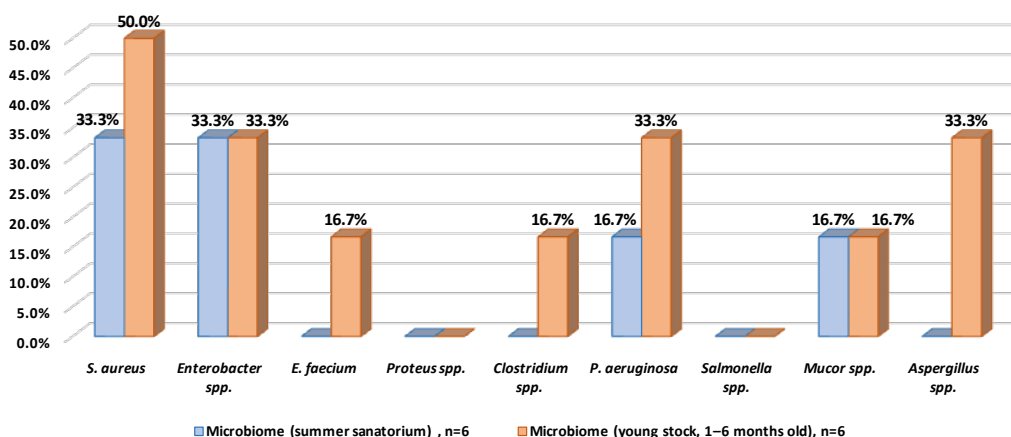


Fig. 10. Opportunistic and pathogenic microorganisms in the microbiomes of facilities for raising young cattle in the livestock organization of Beloyarskiy district, Sverdlovsk region

Проведенные исследования подтвердили, что доминирующим патогенным микроорганизмом в микробиомах помещений для выращивания молодняка крупного рогатого являлся *Staphylococcus aureus*. Резистентность к антибактериальным препаратам у изолятов *Staphylococcus aureus*, выделенных из смывов с технологических поверхностей помещения «Молодняк 1–6 месяцев», была почти идентична резистентности изолятов из биопроб летнего профилактория. Вторыми по значимости микроорганизмами в микробиоме помещения «Молодняк 1–6 месяцев» были *Enterobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus* spp. Возбудителей *Enterococcus faecium*, *Clostridium difficile* нетоксигенный тип, *Mucor* spp. считали минорными. Присутствие в микробиоме *Staphylococcus aureus*, *Enterobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Aspergillus* spp., *Mucor* spp. позволило утверждать, что животноводческий корпус «Молодняк 1–6 месяцев» находился в состоянии микробиологической усталости помещения [28; 29]. Полученные данные свидетельствовали также о высоком риске инфицирования телят, входящих в состав групп 1 и 2, выделенными патогенами.

При оценке клинического состояния молодняка экспериментальной группы на 35-е сутки НПО было установлено, что в 70 % случаев телята пребывали в нормоэргическом состоянии (23–22 бал-

ла), то есть были клинически здоровы (рис. 6). В 20 % случаев у животных регистрировали легкую степень заболевания (20 баллов). Здесь необходимо отметить, что у данных телят отсутствовали симптомы кишечных расстройств (см. таблицу 1). Однако они были менее упитанными, чем животные их возраста; у них наблюдали снижение двигательной активности и аппетита, бледность слизистых оболочек рта и носовых ходов, взъерошенность шерсти, которая была сухая, жесткая, без блеска. В области лобной и затылочной частей головы обследуемых телят вдоль позвоночника, включая хвостовой отдел, обнаруживали значительное количество мелких отшелушивающихся частичек роговых клеток кожи. В 10 % случаев определялась средняя степень тяжести заболевания (18 баллов). Как и у молодняка с легкой степенью заболевания, симптомы кишечных расстройств отсутствовали (рис. 11).

В контрольной группе на 35-й день НПО количество молодняка с нормоэргическим клиническим состоянием было сопоставимо с таковым в экспериментальной группе: 66,7 % и 70 % соответственно (рис. 7). Однако у телят с легкой (22,2 %) и средней (11,1 %) степенью тяжести заболевания присутствовали клинические симптомы кишечных расстройств: консистенция фекалий – жидкая с редкими слизистыми включениями; цвет фекалий – темно-желто-коричневый или желтый; запах – кислый.



Рис. 11. Динамика изменения клинического состояния теленка инв. № 717 из экспериментальной группы после применения «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» (фотографии А. С. Красноперова, А. П. Порываевой):

а) теленок инв. № 717, экспериментальная группа, показатель общего состояния – 13 баллов, тяжелая степень заболевания. 14-й день научно-производственного опыта; б) теленок инв. № 717, экспериментальная группа, показатель общего состояния – 18 баллов, средняя степень тяжести заболевания. 35-й день научно-производственного опыта

Fig. 11. Dynamics of changes in the clinical condition of calf inventory No. 717 from experimental group after the use of the "Antibacterial composition based on bacteriophage strains" (photos by A. S. Krasnoperov, A. P. Poryvaeva):

a) calf inv. No. 717, experimental group, general condition index – 13 points, severe degree of disease. 14th day of scientific and production experiment; b) calf inv. No. 717, experimental group, general condition index – 18 points, moderate degree of disease. 35th day of scientific and production experiment

Анализ результатов комплексных исследований биопроб (сывороток крови, фекалий) от телят группы 1 и группы 2, а также идентичных биопроб ($n = 30$) от телят в возрасте 2, 3 и 4 месяцев, которые содержались в одном технологическом секторе помещения с экспериментальными животными, показал, что в данном помещении отсутствовали особи, инфицированные вирусами BVDV, bPI(3) V, Rotavirus bovines, BCoV, возбудителями хламидиоза, неоспороза, кокцидиозов и инвазированные гельминтами.

Результаты исследования видового состава микробиоты кишечника у телят группы 1 и группы 2 на 35-й день НПО представлены на рис. 12.

Сравнительный анализ результатов выполненных исследований показал, что у телят группы 1 в 60 % случаев концентрация бактерий нормальной микрофлоры в кишечнике соответствовала нормативным показателям у здорового молодняка КРС первого года жизни. Условно-патогенная микрофлора была представлена *Staphylococcus* spp. и *Enterococcus* spp., концентрация которых не превыша-

ла нормативных значений, и дрожжами в концентрации 3,0 lg. Микроорганизмы патогенной микрофлоры у данных телят (6 голов с нормоэргическим клиническим состоянием) не были выделены. У телят контрольной группы аналогичные показатели регистрировали в 44,4 % случаев (4 головы с нормоэргическим клиническим состоянием).

В 40 % случаев у телят группы 1 концентрация бактерий нормальной микрофлоры в кишечнике была ниже в среднем: *Bifidobacterium* – на 1,8 lg, *Lactobacillus* – на 1,2 lg, *E. coli* – на 2,7 lg. Концентрация бактерий условно-патогенной микрофлоры *Staphylococcus* spp. и *Enterococcus* spp. не превышала нормативных значений, дрожжи составляла 5–6 lg. *Aspergillus* spp. в концентрации 4,0 lg выделяли в 30 % случаев (2 теленка с легкой степенью тяжести заболевания, 1 теленок со средней степенью тяжести). Микроорганизмы патогенной микрофлоры (*Clostridium difficile* нетоксигенный тип, 2,0 lg) обнаруживали в 10 % случаев (1 теленок с легкой степенью тяжести заболевания).

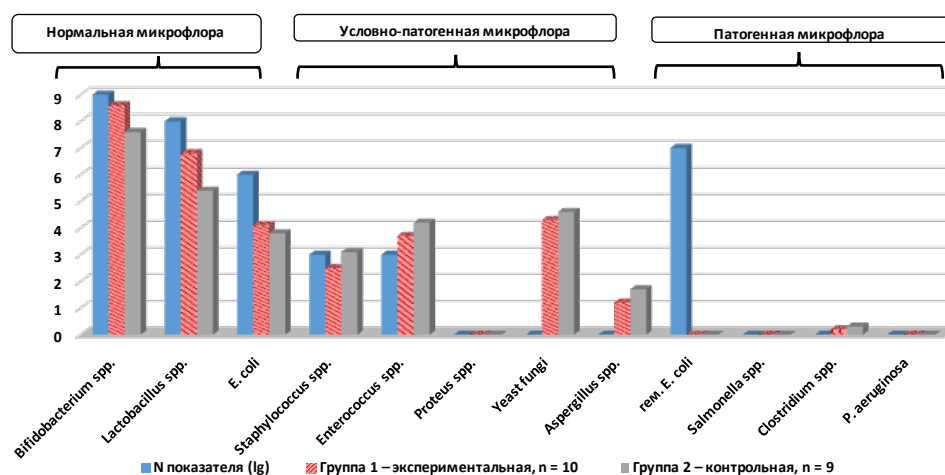


Рис. 12. Видовой состав микробиоты кишечника у телят группы 1 и группы 2, 35-й день научно-производственного опыта

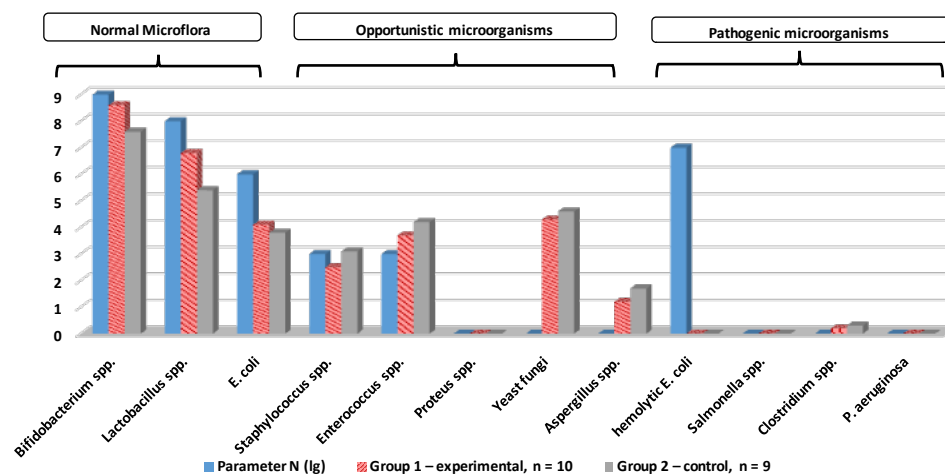


Fig. 12. Species composition of intestinal microbiota in calves of group 1 and group 2 on the 35th day of the scientific and production experiment

У телят (55,6 %) контрольной группы аналогичные показатели имели следующие значения. Концентрация бактерий нормальной микрофлоры в кишечнике была ниже в среднем: *Bifidobacterium* – на 1,9 lg, *Lactobacillus* – на 1,4 lg, *E. coli* – на 2,3 lg. Концентрация бактерий условно-патогенной микрофлоры дрожжей составляла 4–5 lg, *Staphylococcus* spp. и *Enterococcus* spp. не превышала нормативных значений. *Aspergillus* spp. в концентрации 4,0 lg выделяли в 33,3 % случаев (2 теленка с легкой сте-

пенью тяжести заболевания, 1 теленок со средней степенью тяжести). Микроорганизмы патогенной микрофлоры *Clostridium difficile* нетоксигенный тип в концентрации 2,0 lg обнаруживали в 22,2 % случаев (1 теленок с легкой степенью тяжести заболевания, 1 теленок со средней степенью тяжести).

Изменения в микробиоте кишечника отражались на иммуногематологическом профиле телят экспериментальных групп (рис. 13).

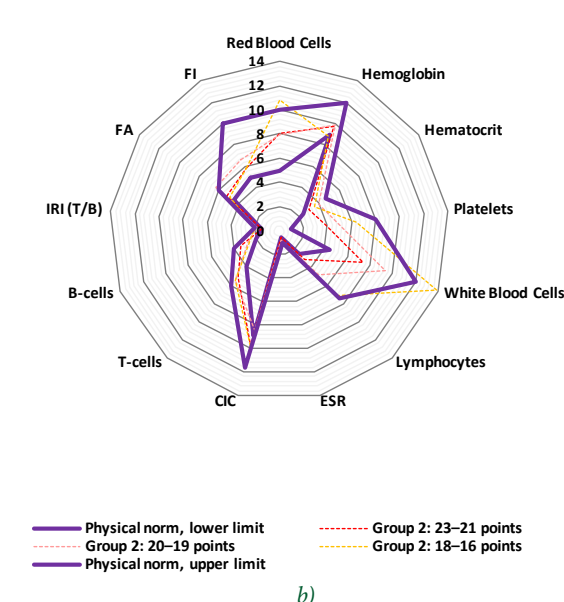
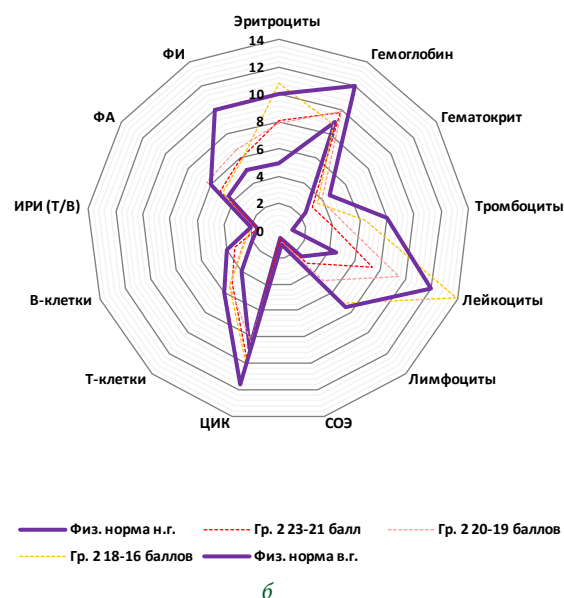
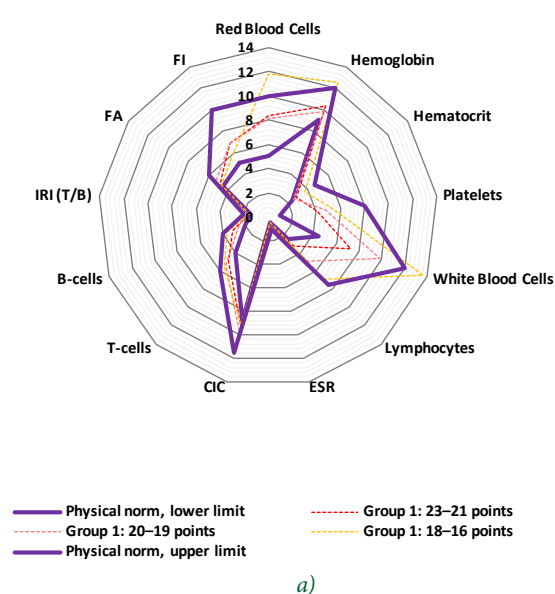
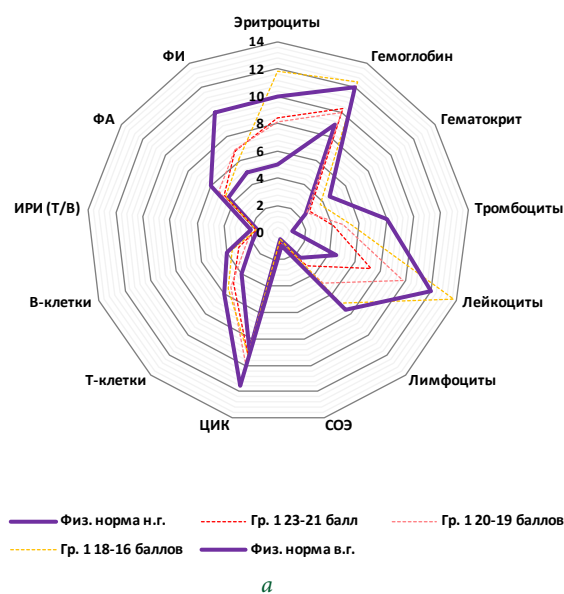


Рис. 13. Диаграмма основных иммуногематологических показателей у телят, 35-й день научно-производственного опыта (эритроциты, $\times 10^{12}/л$; гемоглобин, $\times 10$ г/л; гематокрит, $\times 10\%$; тромбоциты, $\times 10^{11}/л$; лейкоциты, $\times 10^9/л$; лимфоциты, $\times 10^9/л$; СОЭ, мм/ч; ЦИК, $\times 10$ у.е.; Т-клетки, $\times 10\%$; В-клетки, $\times 10\%$; ИРИ, у.е.; ФА, $\times 10\%$; ФИ, у.е.): а) экспериментальная группа; б) контрольная группа

Fig. 13. Diagram of the main immunohematological parameters in calves of 35th day of research and production experiment (Red Blood Cells, $\times 10^{12}/L$; Hemoglobin, $\times 10$ g/L; Hematocrit, $\times 10\%$; Platelets, $\times 10^{11}/L$; White Blood Cells, $\times 10^9/L$; Lymphocytes, $\times 10^9/L$; ESR, mm/h; CIC, $\times 10$ units; T-cells, $\times 10\%$; B-cells, $\times 10\%$; IRI, units; Phagocytic Activity (PA), $\times 10\%$; Phagocytic Index (PI), units): a) experimental group; b) control group

При нормоэргическом клиническом состоянии (23–21 балл) у телят группы 1 и телят группы 2 иммуногематологические показатели находились в границах физиологической видовой нормы. У молодняка группы 1 с легкой степенью тяжести кишечных заболеваний (20–19 баллов) наблюдали увеличение концентрации лейкоцитов в 1,3 раза (до $9,8 \cdot 10^9/\text{л}$) по сравнению с данным показателем у телят в нормоэргическом клиническом состоянии. Изменения остальных иммуногематологических показателей были недостоверными.

С внедрением прогрессивных селекционно-племенных технологий, современных методов разведения, выращивания и содержания возрастает уровень и интенсивность эндогенного факторного стресса на организм сельскохозяйственных животных. Для организма новорожденных телят технологические стрессы, такие как отлучение от коровы-матери в первые часы после рождения, перевод на искусственное кормление, служат пусковыми механизмами в формировании и развитии патологических состояний [30]. Одним из следствий воздействия технологического стресса являются нарушение процессов пищеварения у телят дожвачного периода (3–15 дней), которые формируются и развиваются в результате дисбаланса кишечной микрофлоры. Как известно, у телят суточного возраста желудочно-кишечный тракт уже достаточно интенсивно заселен микрофлорой, в которой преобладают строгие анаэробы и микроаэрофилы, относящиеся к родам *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacteroides*, так называемые представители нормофлоры [31].

Анализ результатов выполненных нами исследований показал, что в животноводческом предприятии (базе научно-производственного опыта) дисбаланс кишечной микрофлоры различной степени выраженности у телят дожвачного периода (3–15 дней) наличествовал в 47,6 % случаев, а микробиом животноводческого помещения был заселен микроорганизмами (*Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mucor* spp.), которые являются этиологическими агентами бактериальных диарей. Полученные данные свидетельствовали о том, что телята подвергались интенсивному эндогенному факторному стрессу в течение 30–35 суток – от момента отлучения от коровы-матери до перевода в следующую технологическую группу. Необходимо также отметить, что и перевод, и пребывание в технологической группе «Молодняк 1–6 месяцев» значительно увеличили интенсивность факторного стресса. Так, например, количество животных в клетках-секциях увеличивалось в среднем в 2,5–3 раза, в рацион кормления вводили премиксы и зерновые добавки. Кроме того, в микробиоме помещения «Молодняк 1–6 месяцев» увеличилась видовая составляющая этиологических агентов диарей (рис. 10). Фактически в период наблюдения

(35 дней научно-производственного опыта) за телятами каждый второй из них переболел желудочно-кишечными расстройствами.

Анализ данных ветеринарной документации (2022–2024 гг.) обследованного животноводческого предприятия показал, что схемы лечения желудочно-кишечных заболеваний телят в возрасте до 3 месяцев представляли собой комплекс терапевтических мероприятий, направленных на подавление патогенной бактериальной микрофлоры, снятие токсикоза, восстановление нарушенных функций органов пищеварения, нормализацию обмена веществ и повышение общей резистентности организма. Применяемый комплекс терапевтических мероприятий в значительной степени согласовался или повторял методические разработки российских ветеринарных специалистов [32; 33; 34]. В анализируемый период число случаев рецидива заболеваний желудочно-кишечного тракта с симптомокомплексом диареи у телят, подвергнутых лечению по схеме, практикуемой в обследованном предприятии, составляло в 2022 году 41,5 %; в 2023 году – 27,4 %; в 2024 году – 30,2 %. Результаты выполненных исследований позволяют утверждать, что рецидивы заболеваний с симптомокомплексом диареи в данный период были обусловлены тем, что, во-первых, патогенная бактериальная микрофлора не полностью подавлялась (антибиотикорезистентные штаммы *Proteus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*) или не подавлялась вообще (антибиотикополрезистентные штаммы *Staphylococcus aureus*). Во-вторых, инфекционные агенты, в том числе и антибиотикорезистентные штаммы, постоянно присутствовали во внешней среде (микробиоме помещений) на протяжении всего технологического цикла выращивания молодняка и служили источником реинфицирования.

Применение «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» как альтернативного средства для подавления роста патогенных бактерий в кишечнике больных телят показало, что в течение 14 суток происходило динамичное снижение уровня антигенной нагрузки на организм животных. Положительный эффект применения экспериментальной композиции подтверждался улучшением клинического состояния больных телят. Данный эффект наиболее был выражен у телят с тяжелой степенью заболевания (15–12 баллов). Так, водянистая консистенция фекалий стала жидкой, изменился их цвет: зелено-желтый на желтый или желто-коричневый, слизь в фекалиях присутствовала в виде отдельных сгустков, а не шнуров и скоплений. Телята стали подниматься на ноги и проявлять интерес к окружающему миру. В течение последующих 21 суток положительную динамику стабилизации клинического состояния наблюдали практически у всего молодняка экспериментальной

группы, рецидивов заболевания не фиксировали. У телят контрольной группы рецидивы заболевания с симптомокомплексом диспепсии наблюдали в 22,2 % случаев. Реинфицирование телят группы 1 патогенами, циркулирующими в микробиоме помещения «Молодняк 1–6 месяцев», регистрировали в 30 % случаев; телят группы 2 – в 44,4 % случаев.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В условиях научно-производственного опыта была показана целесообразность применения «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» в схеме лечения желудочно-кишечных заболеваний с симптомокомплексом диспепсии у телят.

«Антибактериальная композиция на основе штаммов бактериофагов», применяемая в дозе 20 мл на 1 голову внутрь с водой или молоком 1 раз в день в течение 3 суток, подавляла рост патогенной микрофлоры кишечника – бактерий *Staphylococcus* spp., в том числе и антибиотикополнорезистентных штаммов *Staphylococcus aureus*, *Proteus* spp., *Pseudomonas aeruginosa*, выделенных от больных телят. В течение 14 суток в результате специфического лизиса концентрация бактерий *Staphylococcus* spp. уменьшалась на $0,34 \pm 0,09$ lg; *Proteus* spp. – на $0,62 \pm 0,07$ lg; *Pseudomonas aeruginosa* – на $1,3 \pm 0,6$ lg. Положительную динамику снижения концентрации бактерий *Staphylococcus* spp. в микрофлоре кишечника телят регистрировали до 35-х суток научно-производственного опыта включительно: 14–35-е сутки – на $0,51 \pm 0,08$ lg. Бактерии *Proteus* spp., *Pseudomonas aeruginosa* на 35-е сутки в микрофлоре кишечника телят не выделяли.

Опосредованное положительное действие «Антибактериальной композиции на основе штаммов

бактериофагов» на микрофлору кишечника телят с симптомокомплексом диспепсии выразилось в восстановлении численности строгих анаэробов и микроаэрофилов родов *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Bacteroides* (бактерий нормофлоры), что благоприятно влияло на процессы пищеварения, обмена веществ и резистентность организма животных в целом.

Риск развития рецидива заболеваний желудочно-кишечного тракта с симптомокомплексом диареи у телят, подвергнутых терапии «Антибактериальной композицией на основе штаммов бактериофагов», в течение 14–21 дня после проведения лечебных мероприятий составил менее 10 %. В период выполнения НПО (июнь – август 2024 года) в животноводческом предприятии количество случаев рецидивов данных заболеваний у телят в возрасте 1–2 месяцев составляло до 18 % от общего количества пролеченных голов.

В течение 10 дней в условиях технологического стресса и изменения видового состава патогенных микроорганизмов в микробиоме помещения количество случаев реинфицирования телят, подвергнутых терапии «Антибактериальной композицией на основе штаммов бактериофагов», было на 14,4 % меньше, чем количество случаев в группе животных, получавших лечение по стандартной схеме.

Применение «Антибактериальной композиции на основе штаммов бактериофагов» в схеме лечения телят с тяжелой и крайне тяжелой степенью желудочно-кишечных заболеваний позволило снизить интенсивность проявлений симптомокомплекса диспепсии и избежать неблагоприятного исхода заболевания – падежа молодняка.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 № 145 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 10.06.2025).
2. Обзор российского и мирового рынков молока и молочной продукции по состоянию на 30.01.2024 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://milknews.ru/index/moloko/moloko-patrushshev-proizvodstvo.html> (дата обращения: 10.06.2025).
3. Российский мясной рынок: итоги 2024 года [Электронный ресурс]. URL: https://asomp.ru/news/rossiiskii_myasnoi_rynok_itogi_2024_goda (дата обращения: 10.06.2025).
4. Порываева А. П., Красноперов А. С., Томских О. Г., Лысова Я. Ю. Модель оценки риска развития осложнений при диспепсии у телят // Аграрный вестник Урала. 2019. № 1 (180). С. 31–37. DOI: 10.32417/article_5ca4e6ff8e24c2.87308778.
5. Иванюк В. П., Бобкова Г. Н., Мальцева М. А. Этиология, клиника и комплексная терапия телят, больных гастроэнтеритом // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 6 (76). С. 45–50.
6. Смоленцев С. Ю. Методы лечения расстройства пищеварения телят (обзор) // Вестник Марийского государственного университета. Сер. «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 3 (31). С. 280–287. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-3-280-287.
7. Jessop E., Renaud D. L., Verbrugghe A., et al. Fecal microbiota of diarrheic calves: Before, during, and after recovering from disease // Journal of Veterinary Internal Medicine. 2024. Vol. 38, No. 6. Pp. 3358–3366. DOI: 10.1111/jvim.17201.

8. Красноперов А. С., Малков С. В., Опарина О. Ю. Изменение соотношения глобулиновых фракций у новорожденных телят с признаками диспепсии // Ветеринария Кубани. 2021. № 5. С. 13–15. DOI: 10.33861/2071-8020-2021-5-13-15.
9. Верещак Н. А., Порываева А. П., Опарина О. Ю., Лысова Я. Ю. Влияние пробиотической кормовой добавки на иммунную систему новорожденных телят при дисбактериозе кишечника // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. № 4. С. 218–222. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.218.
10. Конищева А. С., Плешакова В. И., Лещева Н. А. Микробиом кишечника телят при дисбактериозе // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (43). С. 70–77. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_3_70.
11. Вахрушева Т. И. Патоморфологическая оценка и диагностика диспепсии телят // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10 (163). С. 150–161. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-150-161.
12. Hang B. P. T., Wredle E., Dicksved J. Analysis of the developing gut microbiota in young dairy calves: impact of colostrum microbiota and gut disturbances // Tropical Animal Health and Production. 2020. Vol. 53, No. 1. Pp. 50–58. DOI: 10.1007/s11250-020-02535-9.
13. Опарина О. Ю., Бусыгина О. А. Характеристика микрофлоры кишечника молодняка сельскохозяйственных животных // Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Екатеринбург, 2018. С. 237–243.
14. Остякова М. Е., Шульга И. С. Особенности энтеробиоценоза новорожденных телят при массовых желудочно-кишечных заболеваниях // Вестник ДВО РАН. 2022. № 2 (222). С. 121–130. DOI: 10.37102/0869-7698_2022_222_02_11.
15. Исакова М. Н., Соколова О. В., Безбородова Н. А., Кривоногова А. С., Исаева А. Г., Зубарева В. Д. Антибиотикорезистентность клинических изолятов *Escherichia coli*, выделенных от животных // Ветеринария сегодня. 2022. Т. 11, № 1. С. 14–19. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19.
16. Севастьянова Т. В. Структура рынка пробиотиков в России // Аграрная наука. 2023. № 375 (10). С. 50–56. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-50-56.
17. Кузнецова М. М. Применение бактериофагов в животноводстве // Вестник Вятского ГАТУ. 2024. № 3 (21). С. 57–70.
18. Сазонова Е. А. Профилактика смешанных инфекций у сельскохозяйственных животных в условиях новых технологий // Ветеринария Северного Кавказа. 2024. Т. 1, № 9. С. 252–257. DOI: 10.24412/37120-2024-9-252-257.
19. Садыхов Н. К., Борисенко Е. Г., Фоменко И. А., Бельский И. Д. Фаготерапия как альтернатива антибиотикам // Наукосфера. 2020. № 5. С. 43–48.
20. Wenjuan H., Ma S., Lei L., et al. Prevalence, etiology, and economic impact of clinical mastitis on large dairy farms in China // Veterinary Microbiology. 2020. No. 242. Pp. 108–132. DOI: 10.1016/j.vetmic.2020.108570.
21. Чупандина Е. Е., Еригова О. А. Структурный анализ ассортимента пробиотиков, зарегистрированных в Российской Федерации // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: Химия. Биология. Фармация. 2020. № 4. С. 129–134.
22. Предтеченский В. Е. Руководство по клиническим лабораторным исследованиям / Под ред. Л. Г. Смирновой, А. Е. Кост. Москва: МедГиз, 2012. С. 95–96.
23. Методические рекомендации № 13-5-02/1043 «Выделение и идентификация бактерий желудочно-кишечного тракта животных». Утв. 11.05.2004 г. [Электронный ресурс]. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/instrukciya/1/metodicheskie_rekomendatsii_vydelenie_i_identifikatsiya.html (дата обращения: 10.06.2025).
24. Методические указания 4.2.1890-04 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам». [Электронный ресурс]. URL: <https://microbius.ru/uploads/document/file/37/muk-4.2.-1890-04.-opredelenie-chuvstvitelnosti-mikroorganizmov-k-anibakterialnym-preparatam.pdf> (дата обращения: 10.06.2025).
25. Кривоногова А. С., Логинов Е. А., Исаева А. Г., Беспмятных Е. Н., Лысова Я. Ю., Моисеева К. В. Антибиотикорезистентность условно-патогенных бактерий на животноводческих предприятиях в районах с различным уровнем техногенного загрязнения // Ветеринария Кубани. 2024. № 2. С. 13–17. DOI: 10.33861/2071-8020-2024-2-13-17.
26. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21.10.2020 № 622 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания крупного рогатого скота в целях его воспроизводства, выращивания и реализации». [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566135217> (дата обращения: 10.06.2025).

27. Порываева А. П., Печура Е. В., Сажаев И. М., Лысова Я. Ю., Клепова Ю. В. Ассоциации патогенных микроорганизмов при заболеваниях желудочно-кишечного тракта у молодняка крупного рогатого скота в животноводческих предприятиях свердловской области // Труды Кубанского ГАУ. 2022. № 101. С. 301–307. DOI: 10.21515/1999-1703-101-301-307.

28. Фисинин В. И., Трухачев В. И., Салеева И. П., Морозов В. Ю., Журавчук Е. В., Колесников Р. О., Иванов А. В. Микробиологические риски в промышленном птицеводстве и животноводстве // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 6. С. 1120–1130. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1120rus.

29. Chawla H., Anand P., Garg K., et al. A comprehensive review of microbial contamination in the indoor environment: sources, sampling, health risks, and mitigation strategies // Frontiers in Public Health. 2023. Vol. 11. Article number 1285393. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1285393.

30. Черницкий А. Е., Шабунин С. В. Профилактика респираторных заболеваний у новорожденных телят с пониженной жизнеспособностью // Ветеринария. 2017. № 9. С. 10–16. DOI: 10.30896/0042-4846.2017.20.9.10-16.

31. Винникова С. В., Донская Т. К., Батраков А. Я., Кириллов А. А. Влияние стресс-факторов на заболеваемость телят диспепсией // Международный вестник ветеринарии. 2014. № 3. С. 32–35.

32. Батраков А. Я., Племяшов К. В., Виденин В. Н., Яшин А. В. Профилактика и лечение диспепсии у новорожденных телят: учеб. пособие. Санкт-Петербург: Квадро, 2021. 56 с.

33. Вахрушева Т. И. Диспепсия телят – опыт лечения и профилактики в условиях хозяйств Красноярского края // Научное обеспечение животноводства Сибири: материалы IV Международной научно-практической конференции. Красноярск, 2020. С. 417–421.

34. Методические рекомендации по диагностике, профилактике и лечению желудочно-кишечных болезней новорожденных телят / Иванов А. В., Папуниди К. Х., Тремасов М. Я. [и др.] Казань: ФГУ «ФЦТРБ-ВНИВИ», 2011. 39 с.

Об авторах:

Антонина Павловна Порываева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник с выполнением обязанностей заведующего лабораторией вирусных болезней, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-3224-1717, AuthorID 806423. E-mail: app1709@inbox.ru

Александр Сергеевич Красноперов, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела экологии и незаразной патологии животных, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-7838-4126, AuthorID 655970. E-mail: marafon.86@list.ru

Ольга Юрьевна Опарина, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела экологии и незаразной патологии животных, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-6106-3003, AuthorID 790582. E-mail: olia91oparina@yandex.ru

Яна Юрьевна Лысова, старший научный сотрудник отдела ветеринарной лабораторной диагностики с испытательной лабораторией, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-6797-0659, AuthorID 698633. E-mail: boris.wet@mail.ru

Оксана Григорьевна Томских, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории вирусных болезней, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-3306-8346, AuthorID 665727. E-mail: tomskiy1982@mail.ru

Егор Александрович Логинов, младший научный сотрудник лаборатории биологических технологий, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0007-0810-8365, AuthorID 1164024. E-mail: loginov.ea19@gmail.com

Альбина Геннадьевна Исаева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологических технологий отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717. E-mail: isaeva.05@bk.ru

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 145 of 28.02.2024 "On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation" [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 10]. Available from: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/50358>. (In Russ.)
2. Review of the Russian and Global Milk and Dairy Products Markets as of 30.01.2024 [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 10]. Available from: <https://milknews.ru/index/moloko/moloko-patrushshev-proizvodstvo.html>. (In Russ.)
3. Russian Meat Market: Results of 2024 [Internet]. 2024 [cited 2025 Jun 10]. Available from: https://asomp.ru/news/rossiiskii_myasnoi_rynok_itogi_2024_goda. (In Russ.)
4. Poryvaeva A. P., Krasnoperov A. S., Tomskikh O. G., Lysova Ya. Yu. Model of estimation of risk of development of complications when dyspepsia in calves. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 1(180): 31–37. DOI: 10.32417/article_5ca4e6ff8e24c2.87308778. (In Russ.)
5. Ivanyuk V. P., Bobkova G. N., Maltseva M. A. Etiology, clinical picture and complex therapy of calves with gastroenteritis. *Bulletin of the Bryansk Agricultural Academy*. 2019; 6 (76): 45–50. (In Russ.)
6. Smolentsev S. Yu. Calf dyspepsia treatments (review). *Bulletin of Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic Sciences*. 2022; 8 (3): 280–287. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-3-280-287. (In Russ.)
7. Jessop E., Renaud D. L., Verbrugge A., et al. Fecal microbiota of diarrheic calves: before, during, and after recovering from disease. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2024; 38 (6): 3358–3366. DOI: 10.1111/jvim.17201.
8. Krasnoperov A. S., Malkov S. V., Oparina O. Yu. Changes in globulin fractions ratio in newborn calves with signs of dyspepsia. *Veterinariya Kubani*. 2021; 5: 13–15. DOI: 10.33861/2071-8020-2021-5-13-15. (In Russ.)
9. Vereshchak N. A., Poryvaeva A. P., Oparina O. Yu., et al. Influence of probiotic preparations on microbocenosis of the intestine and the immune system of newborn calves. *Issues of Regulatory and Legal Regulation in Veterinary Science*. 2018; 4: 218–222. DOI: 10.17238/issn2072-6023.2018.4.218. (In Russ.)
10. Konishcheva A. S., Pleshakova V. I., Leshcheva N. A. Intestinal microbiomes of calves in dysbacteriosis. *Bulletin of Omsk State Agrarian University*. 2021; 3 (43): 70–77. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_3_70. (In Russ.)
11. Vakhrusheva T. I. Pathomorphological assessment and diagnostics of calves' dispepsia. *Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*. 2020; 10 (163): 150–161. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-150-161. (In Russ.)
12. Hang B. P. T., Wredle E., Dicksved J. Analysis of the developing gut microbiota in young dairy calves: impact of colostrum microbiota and gut disturbances. *Tropical Animal Health and Production*. 2020; 53 (1): 50–58. DOI: 10.1007/s11250-020-02535-9.
13. Oparina O. Yu., Busyghina O. A. Characteristics of intestinal microflora of young farm animals. In: *Ecological and biological problems of using natural resources in agriculture: collection of materials of the IV International scientific and practical conference of young scientists and specialists*. Ekaterinburg, 2018. Pp. 237–243. (In Russ.)
14. Ostyakova M. E., Shul'ga I. S. Peculiarities of enterobiocenosis of newborn calves in the case of mass gastrointestinal diseases. *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2022; 2 (222): 121–130. DOI: 10.37102/0869-7698_2022_222_02_11. (In Russ.)
15. Isakova M. N., Sokolova O. V., Bezborodova N. A., Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Zubareva V. D. Anti-microbial resistance in clinical *Escherichia coli* isolates obtained from animals. *Veterinary Medicine Today*. 2022; 11 (1): 14–19. DOI: 10.29326/2304-196X-2022-11-1-14-19 (In Russ.)
16. Sevast'yanova T. V. The structure of the probiotic market in Russia. *Agrarian Science*. 2023; 375 (10): 50–56. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-50-56. (In Russ.)
17. Kuznetsova M. M. Using bacteriophages in animal husbandry. *Bulletin of Vyatka State Agrotechnological University*. 2024; 3 (21): 57–70. (In Russ.)
18. Sazonova E. A. Prevention of mixed infections in farm animals in the context of new technologies. *Veterinary Medicine of the North Caucasus*. 2024; 1 (9): 252–257. DOI: 10.24412/37120-2024-9-252-257. (In Russ.)
19. Sadykhov N. K., Borisenko E. G., Fomenko I. A., Belskiy I. D. Phage therapy as an alternative to antibiotics. *Naukosfera*. 2020; 5: 43–48. (In Russ.)
20. Wenjuan H., Ma S., Lei L., et al. Prevalence, etiology, and economic impact of clinical mastitis on large dairy farms in China. *Veterinary Microbiology*. 2020; 242: 108–132. DOI: 10.1016/j.vetmic.2019.108570.
21. Chupandina E. E., Erigova O. A. Structural analysis of probiotics registered in the Russian Federation. *Vestnik of Voronezh State University. Series: Chemistry, Biology, Pharmacy*. 2020; 4: 129–134. (In Russ.)
22. Predtechenskiy V. E. *Clinical laboratory research guide*. Ed. by Smirnova L. G., Kost A. E. Moscow: MedGiz; 2012. Pp. 95–96. (In Russ.)

23. Methodological recommendations No. 13-5-02/1043 "Isolation and identification of gastrointestinal tract bacteria in animals". Approved May 11, 2004 [Internet] [cited 2025 June 10]. Available from: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/instrukciya/1/metodicheskie_rekomendatsii_vydelenie_i_identifikatsiya.html. (In Russ.)
24. Methodological recommendations No. 4.2.1890-04 "Determination of microorganism sensitivity to antibacterial drugs" [Internet] [cited 2025 June 10]. Available from: <https://microbius.ru/uploads/document/file/37/muk-4.2.-1890-04.-opredelenie-chuvstvitelnosti-mikroorganizmov-k-anibakterialnym-preparatam.pdf>. (In Russ.)
25. Krivonogova A. S., Loginov E. A., Isaeva A. G., Bespamyatnykh E. N., Lysova Ya. Yu., Moiseeva K. V. Antibiotic resistance of opportunistic pathogens in livestock enterprises in areas with different levels of technogenic pollution. *Veterinariya Kubani*. 2024; 2: 13–17. DOI: 10.33861/2071-8020-2024-2-13-17. (In Russ.)
26. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 622 dated October 21, 2020 "On approval of veterinary rules for the keeping of cattle for its reproduction, rearing, and sale" [Internet] [cited June 10, 2025]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/566135217>. (In Russ.)
27. Poryvaeva A. P., Pechura E. V., Sazhaev I. M., Lysova Ya. Yu., Klepova Yu. V. Associations of pathogenic microorganisms in gastrointestinal diseases of young cattle in livestock enterprises of Sverdlovsk region. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2022; 101: 301–307. DOI: 10.21515/1999-1703-101-301-307. (In Russ.)
28. Fisnin V. I., Trukhachev V. I., Saleeva I. P., Morozov V. Yu., Zhuravchuk E. V., Kolesnikov R. O., Ivanov A. V. Microbiological risks in industrial poultry and livestock farming. *Agricultural Biology*. 2018; 53 (6): 1120–1130. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.6.1120rus. (In Russ.)
29. Chawla H., Anand P., Garg K., et al. A comprehensive review of microbial contamination in the indoor environment: sources, sampling, health risks, and mitigation strategies. *Frontiers in Public Health*. 2023; 11: 1285393. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1285393.
30. Chernitskiy A. E., Shabunin S. V. Prevention of respiratory diseases in newborn calves with reduced viability. *Veterinariya*. 2017; 9: 10–16. DOI: 10.30896/0042-4846.2017.20.9.10-16. (In Russ.)
31. Vinnikova S. V., Donskaya T. K., Batrakov A. Ya., Kirillov A. A. Influence Of Stress Factors On The Incidence Of Dyspepsia In Calves. *International Bulletin of Veterinary Medicine*. 2014; 3: 32–35. (In Russ.)
32. Batrakov A. Ya., Plemyashov K. V., Videnin V. N., Yashin A. V. Prevention and treatment of dyspepsia in newborn calves: a textbook. Saint Petersburg: Kvadro, 2021. 56 p. (In Russ.)
33. Vakhrusheva T. I. Dyspepsia in calves: experience of treatment and prevention in farms of the krasnoyarsk territory. *Scientific support of livestock of Siberia: proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference*. Krasnoyarsk, 2020. Pp. 417–421. (In Russ.)
34. Ivanov A. V., Papunidi K. Kh., Tremasov M. Ya., et al. *Methodological recommendations for diagnosis, prevention, and treatment of gastrointestinal diseases in newborn calves*. Kazan: FGU "FCTRB-VNIV", 2011. 39 p. (In Russ.)

Authors' information:

Antonina P. Poryvaeva, doctor of biological sciences, leading researcher with the duties of head of laboratory of viral diseases, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-3224-1717, AuthorID 806423. *E-mail: app1709@inbox.ru*

Aleksandr S. Krasnoperov, candidate of veterinary sciences, senior researcher of the department of ecology and animals' noncontagious pathology, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-7838-4126, AuthorID 655970. *E-mail: marafon.86@list.ru*

Olga Yu. Oparina, candidate of veterinary sciences, senior researcher of the department of ecology and animals' noncontagious pathology, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-6106-3003, AuthorID 790582. *E-mail: olia91oparina@yandex.ru*

Yana Yu. Lysova, senior researcher of the department of veterinary laboratory diagnostics with a testing laboratory, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-6797-0659, AuthorID 698633. *E-mail: boris.wet@mail.ru*

Oksana G. Tomskikh, candidate of veterinary sciences, senior researcher of the laboratory of viral diseases, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-3306-8346, AuthorID 665727. *E-mail: tomskiy1982@mail.ru*

Egor A. Loginov, junior researcher at the laboratory of biological technologies, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0007-0810-8365, AuthorID 1164024. *E-mail: loginov.ea19@gmail.com*

Albina G. Isaeva, doctor of biological sciences, leading researcher, laboratory of biological technologies of the department of veterinary laboratory diagnostics with a testing laboratory, Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717. *E-mail: isaeva.05@bk.ru*

Зоофильные мухи скотоводческих ферм Якутии

А. Д. Решетников[✉], А. И. Барашкова

Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия

[✉]E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Аннотация. Целью исследования является оценка современного состояния фауны и экологии зоофильных мух животноводческого комплекса Якутии. **Методы.** В скотоводческом комплексе ООО «Хоробут» Мегино-Кангаласского района с мая по сентябрь 2022–2024 гг. проведено изучение видового состава и численности мух. Для подсчета количества мух в летнике устанавливались клеевые ловушки на высоте 1,5 м и на расстоянии не более 2 м друг от друга на одни сутки. Определение собранного материала проводилось в условиях лаборатории арахноэнтомологии. Повседневно в период лета синантропных и зоофильных мух фиксировали климатические данные. **Научная новизна** работы состоит в том, что в собранных материалах впервые определено количество и видовое разнообразие мух в Хоробутском скотокомплексе в летний сезон. **Результаты.** Видовую принадлежность мух устанавливали, применяя микроскоп МБС-10 и морфологические таблицы. Для анализа количественного соотношения таксонов зоофильных мух пользовались индексами обилия, доминирования и встречаемости по В. Н. Беклемишеву. Якутское знойное лето провоцирует массовое распространение опасных зоотропных и синантропных мух. В регионе негативное воздействие оказывают мухи семейств Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Gasterophilidae и Hypodermatidae. Фауна мух Якутии насчитывает 108 видов из 29 родов. В скотоводческих фермах к доминантным относятся *Musca domestica* (ИД 50,30 %), *Calliphora vicina* (ИД 24,72 %) и *Stomoxys calcitrans* (ИД 16,37 %), субдоминантным – *Sarcophaga carnaria* (ИД 8,61 %). Период лета и нападения зоофильных мух отмечается с мая по середине сентября.

Ключевые слова: зоофильные мухи, животноводческие фермы, сезонная активность, места выплода, точная динамика, экология, фауна, численность

Благодарности. Работа выполнена в рамках FWRS 2024-0024 приоритетного направления Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы).

Для цитирования: Решетников А. Д., Барашкова А. И. Зоофильные мухи скотоводческих ферм Якутии // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1258–1266. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1258-1266>.

Дата поступления статьи: 02.04.2025, **дата рецензирования:** 25.05.2025, **дата принятия:** 15.07.2025.

Zoophilic flies of cattle farms in Yakutia

A. D. Reshetnikov✉, A. I. Barashkova

M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Yakutsk, Russia

✉E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to assess the current state of the fauna and ecology of zoophilic flies in the livestock complex of Yakutia. **Methods.** In the cattle-breeding complex of Khorobut LLC in the Megino-Kangalasskiy district, a study of the species composition and number of flies was carried out from May to September 2022–2024. To count the number of flies in the summer house, glue traps were installed at a height of 1.5 m and at a distance of no more than 2 meters from each other for one day. The determination of the collected material was carried out in the conditions of the arachnoentomology laboratory. Climate data were recorded daily during the flight period of synanthropic and zoophilic flies. **The scientific novelty** of the work is that the collected materials for the first time determined the quantity and species diversity of flies in the Khorobut cattle complex in the summer season. **Results.** The species of flies was determined using an MBS-10 microscope and morphological tables. To analyze the quantitative ratio of taxa of zoophilic flies, we used the indices of abundance, dominance and occurrence according to V. N. Beklemishev. The hot Yakut summer provokes the mass spread of dangerous zoetropic and synanthropic flies. In the region, the negative impact is caused by flies of the families Muscidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Gasterophilidae and Hypodermatidae. The fly fauna of Yakutia includes 108 species from 29 genera. In livestock farms, the dominant ones are *Musca domestica* (ID 50.30 %), *Calliphora vicina* (ID 24.72 %) and *Stomoxys calcitrans* (ID 16.37 %), and the subdominant ones are *Sarcophaga carnaria* (ID 8.61 %). The period of flight and attack of zoophilic flies is observed from May to mid-September.

Keywords: zoophilic flies, livestock farms, seasonal activity, breeding sites, daily dynamics, ecology, fauna, abundance

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of FWRS 2024-0024 Priority direction of the Program of Basic Scientific Research in the Russian Federation for the long-term period (2021–2030).

For citation: Reshetnikov A. D., Barashkova A. I. Zoophilic flies of cattle farms in Yakutia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1258–1266. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1258-1266>. (In Russ.)

Date of paper submission: 02.04.2025, **date of review:** 25.05.2025, **date of acceptance:** 15.07.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Развитие агропромышленного комплекса является национальным приоритетом Российской Федерации. Дальнейший рост отраслей животноводства имеет огромное народнохозяйственное значение, где основным сектором сельского хозяйства республики является скотоводство, дающее более 60 % продуктов местного происхождения, таких как молоко, мясо и кожевенное сырье. Существенный ущерб животноводству республики наносят широко распространенные по территории России мухи. Засушливое и жаркое лето Якутии способствует их массовости, представляющих опасность для домашних животных, причиняя существенный вред продуктивному животноводству путем механического переноса возбудителей опасных патогенов.

Во время массового лёта двукрылых насекомых уменьшается молочная и мясная продуктивность сельскохозяйственных животных, снижается качество сырья. Некоторые зоофильные мухи служат

промежуточными хозяевами для гельминтов (телязий, сетарий и др.) и могут передавать в природе возбудителей бактериальной и паразитарной инфекции [1–5].

Первые данные о видовом составе настоящих мух Якутии были приведены в монографии Л. С. Зимина: 10 видов для Центральной Якутии. На территории Южной и Юго-Западной Якутии Г. А. Веселкиным проведены исследования зоофильных мух, где автор отметил доминирование семейства настоящих мух (32 вида), которые составили 74 % всего зоофильного комплекса [6].

А. В. Винокурова приводит аннотированный список насекомых-копробионтов в аласах Лено-Амгинского междуречья Центральной Якутии, среди которых отмечено 9 видов мусцид. В институте биологических проблем криолитозоны СО РАН в результате обработки коллекционного материала появились новые данные о видовом составе и распределении мусцид на территории Якутии, где на-

считывается 108 видов из 29 родов, 30 видов из которых ранее здесь не были отмечены [7].

В период с 2019 по 2021 год было изучено разнообразие серых мясных мух (Sarcophagidae: Sarcophaginae) в хорватской части Бараньи. Было обнаружено 37 видов, из которых следующие являются новыми для этого региона: *Ravinia pernix* (Harris, 1780); *Sarcophaga* (Het.) *depressifrons* Zetterstedt, 1845; *S.* (Het.) *filia* Rondani, 1860; *S.* (Het.) *haemorrhoides* Böttcher, 1913; *S.* (Het.) *pumila* Meigen, 1826; *S.* (Het.) *vagans* Meigen, 1826; *S.* (Lis.) *dux* Thomson, 1869; *S.* (Lis.) *tuberosa* Pandellé, 1896; *S.* (Meh.) *sexpunctata* (Fabricius, 1805); *S.* (Pan.) *protuberans* Pandellé, 1896; *S.* (Sar.) *carnaria* (Linnaeus, 1758); *S.* (Sar.) *variegata* (Scopoli, 1763), and *S.* (Pse.) *spinosa* Villeneuve, 1912. Представлены новые данные о местонахождении 25 видов. *Sarcophaga* (Sar.) *croatica* Baranov, 1941 была самой распространенной (37 %), за ней следовали *S.* (Sar.) *lehmanni* Müller, 1922 (21 %) и *S.* (Pas.) *albiceps* Meigen, 1826 (5 %), составляя 63 % всех собранных образцов. Большинство видов (35) было собрано в Змаеваце, а наименьшее количество (3) – в Билье. В ходе этого исследования в Хорватии впервые был обнаружен *S.* (Pse.) *spinosa*. В сочетании с предыдущими находками в хорватской Баранье было зарегистрировано 42 вида мясных мух, что составляет 27 % от общего числа видов мясных мух, известных в Хорватии. Общее количество видов семейства Sarcophagidae, известных в настоящее время в Хорватии, увеличилось до 156 [8].

Патогенные микроорганизмы чаще всего выделялись с поверхности тела комнатных мух, особенно тех, которые были пойманы в жилых помещениях и на животноводческих фермах. Комнатные мухи обычно питаются фекалиями, навозом, падалью и другими разлагающимися органическими веществами. В процессе питания патогенные микроорганизмы оседают на их ротовой полости, крыльях, лапках и других частях тела, которые они переносят в жилые помещения и на животноводческие фермы, где они живут и завершают свой жизненный цикл. Таким образом, постоянное перемещение комнатной мухи от фекалий (или других отходов жизнедеятельности животных) к пище и питьевой воде подвергает людей и животных риску заражения. Частое выделение патогенов с поверхности тела мух позволяет предположить, что, когда комнатные мухи переносят патогены, они действуют только как механические переносчики. В отличие от биологической передачи при механической передаче патоген не размножается (не усиливается) в организме хозяина. Однако было доказано, что на поверхности тела мухи находится достаточное количество патогенов, чтобы вызвать инфекцию. Количество патогенов, присутствующих в кишечнике, обычно выше, чем количество патогенов,

присутствующих на поверхности тела, что позволяет предположить, что фекалии и рвота также могут служить основным путем передачи патогенов [9].

Draschia megastoma, *Habronema microstoma* и *Habronema muscae* являются возбудителями кожного хабронемоза, широко известного как «летняя язва», – воспалительного кожного и глазного паразитарного заболевания лошадей и других непарнокопытных, передающегося через мух. В этой статье авторы описывают вспышку кожного хабронемоза у пяти лошадей, у которых были обнаружены единичные или множественные типичные кожные язвенные раны на морде, нижней части передних или задних конечностей в Израиле с характерными «серыми гранулами». У всех заболевших животных гистопатологическими или молекулярными методами было подтверждено заражение *H. muscae*. Это первое сообщение о кожном хабронемозе в Израиле, при котором возбудитель – нематода *H. Muscae* – был идентифицирован молекулярными методами. Кожный хабронемоз следует рассматривать как дифференциальный диагноз у лошадей с кожными язвенными поражениями в летние месяцы, особенно если пораженные животные не поддаются лечению одними антибиотиками [10].

В последнее время во всем мире участились случаи трансмиссивных заболеваний, и хронические инфекции передаются через домашних вредителей, в основном комнатных мух, комаров, клещей. Комнатная муха [*Musca domestica* (двукрылые: Muscidae)] – распространенное медицинское и ветеринарное насекомое, которое вызывает раздражение, портит продукты и является переносчиком более 100 видов патогенов. Она представляет серьезную угрозу для здоровья человека и домашнего скота. Комнатная муха считается космополитическим вредителем и распространена по всему миру. С комнатными мухами можно эффективно бороться с помощью различных инсектицидов, однако в последнее время все чаще сообщается о резистентности комнатных мух к инсектицидам. По этой причине изучаются альтернативные методы борьбы с комнатными мухами, такие как биоинсектициды. Различные виды растений используются по всему миру для борьбы с популяциями двукрылых насекомых [11].

Комнатная муха, *Musca domestica* L. (двукрылые: Muscidae) – распространенная и широко известная муха, обитающая рядом с людьми и животными. Их основными источниками размножения являются органические вещества в навозе и пищевых отходах. Самки обычно крупнее самцов, и их можно отличить по более широкому пространству между глазами у самок комнатных мух. Взрослые особи могут прожить 15–30 дней. Симбиотические отношения популяций бактерий, присутствующих в микробиоте комнатных мух, формируют физиоло-

гическое развитие и адаптацию к условиям окружающей среды. Микробиота поверхности и кишечника помогает комнатным мухам развиваться и выживать на разных стадиях жизненного цикла. Особенно на ранних стадиях развития и на стадии личинок доминировали Firmicutes. Затем, когда комнатные мухи становятся взрослыми особями, на уровне типов преобладают Proteobacteria и Bacteroidetes [12].

Кожный миаз, вызываемый различными видами двукрылых Calliphoridae, распространен во всем мире и представляет особую проблему для ветеринарии и общественного здравоохранения. Недавно, в ходе научного исследования программы искоренения ришонки в Чаде, Африка, исследователи наблюдали, что у собак с изуродованными ушами, по сведениям местных жителей, причиной был кожный миаз. В этом исследовании авторы проанализировали эпидемиологические, морфологические и молекулярные данные о кожном миазе у собак из Чада. С сентября по октябрь 2022 года собаки ($n = 1562$) из 56 деревень, расположенных вдоль реки Чари, были осмотрены на предмет кожного миаза. Все личинки были собраны и идентифицированы морфологически и с помощью молекулярного анализа частичного митохондриального гена субъединицы I цитохром-оксидазы (COI). Распространенность заражения миазом и 95 % доверительные интервалы (95 % ДИ) были определены с помощью модифицированного метода Уилсона. Миазы были обнаружены у собак из 21 деревни (37,5 %; 95 % ДИ 26–50 %), в основном в самом южном регионе. Из 1562 собак 66 (4,22 %; 95 % ДИ 3,34–5,34 %) были заражены личинками мух-каллифорид, в среднем 2,28 личинки на животное (от 1 до 24). Образцы были морфологически идентифицированы как *Cordylobia anthropophaga* ($n = 94$), *Chrysomya bezziana* ($n = 54$) и *Chrysomya* sp. ($n = 3$), которые были обнаружены у 57, 8 и 1 собаки соответственно. Совместного заражения не наблюдалось. Молекулярный анализ подтвердил морфологическую идентификацию и выявил наличие 17 гаплотипов у *C. anthropophaga*, 2 у *C. bezziana* и 1 у *Chrysomya* sp. Данное исследование подчеркивает ветеринарную значимость миаза у собак в Африке и предлагает меры по обеспечению их здоровья и благополучия [13].

Миаз – это паразитоз, характеризующийся заражением живых позвоночных (людей и других животных) личинками двукрылых, о распространении и этиологической идентификации которых специалисты в области здравоохранения до сих пор не знают. В этой статье исследователи проанализировали случаи миаза у людей, зарегистрированные с 2010 по 2018 год в медицинских учреждениях муниципалитета Натал, северо-восточный регион Бразилии. В частности, авторы стремились: 1) проанализировать медицинские записи о случаях, зарегистрированных в период с 2010 по 2017 год;

2) составить список факторов, предрасполагающих к заболеванию; 3) отслеживать недавние случаи, диагностированные в медицинских учреждениях в период с августа 2017 года по март 2018 года, и сообщать о таксономической принадлежности паразитирующих видов. Эти данные показали, что миазы в основном поражают пожилых людей и лиц с предрасполагающими к заболеванию состояниями (например, старческое слабоумие, филяриоз). Что касается новых случаев, то были идентифицированы личинки Calliphoridae *C. hominivorax* (Coquerel, 1858) и Sarcophagidae [*Sarcophaga* (*Liopygia*) *ruficornis* (Fabricius, 1794), *Peckia* (*Sarcodexia*) *lambens* (Wiedemann, 1830), *Helicobia morionella* (Aldric, 1930)]. Кроме того, это был первый случай совместного заражения тремя видами Sarcophagidae, а также присутствия *H. morionella* в ране человека. Эти результаты подтверждают, что миазы – это недостаточно изученный паразитоз, который может недооценивать способность ранее не описанных видов мух питаться живыми тканями человека в неотропической зоне [14].

Организационные мероприятия по борьбе с мухами можно провести при условии соблюдения санитарно-гигиенического состояния животноводческих помещений [15].

Комнатная муха *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) является важным насекомым-вредителем из-за своей способности переносить болезни как у людей, так и у животных, например, диарею, гастроэнтерит, узелковый дерматит, холеру. Для борьбы с комнатными мухами, которые представляют серьезную угрозу для здоровья людей и животных, а также для окружающей среды, широко используются остаточные инсектициды. Во многих случаях распространенной проблемой является восстановление популяции после распыления инсектицидов. Исследования, охватывающие несколько поколений, могут быть очень полезны для изучения воздействия инсектицидных спреев. В текущем исследовании авторы определили влияние сублетальных доз диафентихурина на несколько поколений с помощью анализа возрастных таблиц жизни двух полов, сосредоточившись на потенциальном использовании диафентихурина в приманках. После обработки взрослых мух тремя различными дозами диафентихурина, а именно LC₁₀, LC₂₀ и LC₅₀ показали значительные изменения в продолжительности жизни потомства (в контроле она была короче), а также в продолжительности жизни самцов и самок (в контроле она была больше). Кроме того, были определены параметры роста популяции, а именно внутренняя скорость роста (r) (–0,03...–0,12 в день), чистая репродуктивная скорость (R_0) (0,50–9,98), предельная скорость роста (λ) (0,96–1,13 в день) также значительно снизились у потомства обработанных взрослых особей. Исходя из снижения био-

тического потенциала, то есть внутренней скорости роста и других параметров популяции, диафентигрон можно рекомендовать в качестве эффективного инсектицида даже при более низких дозах [16].

Исследователями была оценена инсектицидная активность 10 монотерпенов в отношении личинок *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Монотерпены смешивали с питательной средой в концентрациях 2,5, 5,0, 10,0, 25,0, 50,0, 75,0 и 100,0 мг/кг. Три монотерпена, п-цимен, 1,8-цинеол и куминальдегид продемонстрировали устойчивую ларвицидную активность со значениями LC_{50} 0,14, 1,59 и 1,90 мг/кг через 3 дня после обработки. Три монотерпена были более токсичными, чем дельтаметрин ($LC_{50} = 3,36$ мг/кг). Аналогичным образом, монотерпены вызывали значительное сокращение периода окукливания и появления взрослых особей. Куминальдегид в концентрации 25,0 мг/кг, а также п-цимен, 1,8-цинеол и цитронеллаль в концентрации 50,0 мг/кг вызывали полное подавление окукливания и появления взрослых особей. Кроме того, п-цимен в концентрации 25,0 мг/кг снижал активность амилазы и липазы личинок, в то время как 1,8-цинеол и куминальдегид повышали их активность. Куминальдегид и α -терпинен подавляли активность протеаз, в то время как п-цимен усиливал их активность. В случае с ацетилхолинэстеразой, общей эстеразой и аденозинтрифосфатазой п-цимен и 1,8-цинеол подавляли активность ферментов, а цитронеллаль усиливал ее. Наконец, протестированные монотерпены вызывали гистологические изменения у обработанных личинок: появлялась базальная мембрана, а клетки эпителия деформировались в некоторых местах и заполнялись разрозненными вакуолями. Эти результаты указывают на то, что протестированные монотерпены могут быть использованы в программах комплексной борьбы с вредителями. Кроме того, п-цимен в концентрации 25,0 мг/кг снижал активность амилазы и липазы у личинок, в то время как 1,8-цинеол и куминовый альдегид повышали их активность [17].

Однако в Якутии, с ее относительно разнообразными природными условиями и особенностями ведения животноводства, в настоящий период вопросы фауны и экологии зоофильных мух практически остаются неисследованными, поэтому нами будет изучен видовой состав зоофильных мух, особенности их биоэкологии и патогены, что позволит научно обосновать систему профилактических и истребительных мероприятий против членистоногих в животноводческой отрасли республики.

Цель настоящей работы состояла в оценке современного состояния фауны и экологии зоофильных мух животноводческого комплекса Якутии.

Методология и методы исследования (Methods)

Стационарные наблюдения и сборы зоофильных мух проводили в летнем лагере дойного стада

коров ООО «Хоробут» Мегино-Кангаласского района с 2022 по 2024 год по общепринятым методикам. Камеральная обработка полученных данных выполнялась в лаборатории арахноэнтомологии ЯНИИСХ. Всего за сезон была собрана 971 взрослая особь мух. Зоофильных мух определяли с помощью микроскопа МБС-10 и с использованием морфологических ключей Г. Я. Бей-Биенко и др.

Места развития преимагинальных фаз мух изучали путем осмотра фекалий коров по установленным методикам. Окрыленных мух выводили из личинок и куколок, собранных из помета, гумуса, почвы. Места размножения мух обнаруживали при повседневных осмотрах проб субстратов.

Количество мух в коровниках и на участках животноводческих комплексов определяли, подсчитывая визуально на животных, находящихся в разных уголках коровников, на окошках, дверях, осветительных приборах и на ловушках в виде липких лент длиной 84 см (ТУ 2386-003-85869998-01, изготовитель СПБ, ИП Ермаков Ю. А.). Липкие ленты размещали на уровне 1,5 м. В качестве единицы учета численности мух была принята ловушка с экспозицией 24 часа. Изучение суточной динамики активного нападения мух на животных выполняли на протяжении летне-осеннего периода раз в неделю. Количество мух на животных в контрольные дни учитывали с 8 до 20 часов с промежутками 1–2 часа.

Для оценки количественного соотношения таксонов мух применяли показатели В. Н. Беклемишева (индексы обилия, доминирования и встречаемости).

При исследовании биологических жизненных циклов отмечали момент наступления и завершения зимней диапаузы, сроки развития мух, период залета взрослых особей в скотопомещения, их массовый выплод, перемещение мусцид из помещения на территорию фермы и обратно. Динамику численности зоофильных мух устанавливали при помощи листов картона (20 × 30 см) с наличием на нем слоя энтомологического клея. Состав клеевой основы включал канифоль, каучук и минеральные масла.

Ежедневно в течение всего периода лёта насекомых регистрировали метеорологические данные. Температуру и влажность воздуха измеряли аспирационным психрометром, скорость ветра – анемометром АСО-3, атмосферное давление – барометром-анероидом, освещенность – люксметром Ю-116, облачность – визуально по 10-балльной шкале, количество осадков – дождемером.

Результаты (Results)

С целью определения видового состава мух, паразитирующих на с крупном рогатом скоте в животноводческих фермах, сборы и энтомологические наблюдения проводили внутри фермы и на прилегающих территориях.

Таблица 1

Фауна мух животноводческих ферм по разведению крупного рогатого скота

№ п/п	Виды	Количество мух		Степень обилия
		Число особей	ИД, %	
	Семейство Muscidae Подсемейство Muscinae Род Musca, Stomoxys			
1	Musca domestica	584	50,30	++++
2	Stomoxys calcitrans	190	16,37	++++
	Семейство Calliphoridae Подсемейство Calliphorinae Род Calliphora			
1	Calliphora vicina	287	24,72	++++
	Семейство Sarcophagidae Подсемейство Sarcophaginae Род Sarcophaga			
1	Sarcophaga carnaria	100	8,61	+++
	Всего	1161	100	

Table 1
Fly fauna of cattle breeding farms

No.	Species	Number of flies		Degree of abundance
		Number of individuals	Dominance index, %	
	Family Muscidae Subfamily Muscinae Genus Musca, Stomoxys			
1	Musca domestica	584	50.30	++++
2	Stomoxys calcitrans	190	16.37	++++
	Family Calliphoridae Subfamily Calliphorinae Genus Calliphora			
1	Calliphora vicina	287	24.72	++++
	Family Sarcophagidae Subfamily Sarcophaginae Genus Sarcophaga			
1	Sarcophaga carnaria	100	8.61	+++
	Total	1161	100	

В животноводческих фермах по разведению крупного рогатого скота массовыми оказались *Musca domestica* (ИД 50,30 %), *Calliphora vicina* (ИД 24,72 %) и *Stomoxys calcitrans* (ИД 16,37 %), многочисленными – *Sarcophaga carnaria* (ИД 8,61 %) (таблица 1).

Исследование суточной активности мух осуществляли в летнее и осеннее время, контроль численности имаго вели четырехкратно в сутки (в 8, 12, 16, 20 часов) в скотоводческой ферме по В. П. Дербеновой-Уховой с помощью энтомологического сачка и клеевых ловушек. Однако на гелиофильность мухи оказались способны адаптироваться при одностороннем освещении неярким светом. Мусцид не привлекает излучатель, хотя в вечернем свете они реагируют так же, как в дневном. Данная способность дает мухам возможность непосредственно залетать в летник-коровник и вылетать из него. В поисках пищи мухи удаляются от мест с большим количеством света и перемещаются в более темные части коровника, где проявляют пове-

дение как при освещении, равномерно рассеивающимся и распределяющимся по всем сторонам. Для откладки яиц самки выбирают затененные места.

Сельскохозяйственных животных содержали в открытых загонах. Утром после доения пастухи выгоняли коров на выпас до дневной дойки. В животноводческом помещении в присутствии скотников и коров, которых пригоняли к ферме на дойку и подкормку, отмечалась повышенная активность мух. Доеение проводилось трижды в день (каждые 8 часов). При утреннем доении количество мух незначительное (70–120 экз.). Процесс перемещения активности мух в хозяйственное помещение наблюдался после выгона животных. Максимальная активность мух за одни сутки отмечалась во время дневного доения (310–460 экз/ч). Активность мух немного снижается в знойные дни (с третьей декады июня до второй декады августа) вечером, с приходом дойного стада (270–330 экз/ч), также резко уменьшается ранней весной и ранней осенью (120–170 экз/ч).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Животноводство является традиционным занятием населения Якутии для его обеспечения качественным молоком, мясом и кожным сырьем. Постоянное беспокойство животных мухами причиняет существенный вред, вызывая острый энтомоз. При паразитировании личинок оводов (мух), вызывающих гиподерматоз у крупного рогатого скота, животные испытывают сильнейший стресс, в местах их локализации образуется свищ, иногда с нагноением, через которое они выходят в наружу. В период массового лёта мух резко снижается молочная и мясная продуктивность.

Фауна мух животноводческих ферм по разведению крупного рогатого скота представлена 4 видами: *Musca domestica*, *Stomoxys calcitrans*, *Calliphora vicina* и *Sarcophaga carnaria*.

Суточная активность зоофильных мух на животноводческих фермах укладывается в одновершинную кривую и продолжается с 8 до 20 часов с максимумом между 12 и 14 часом, с минимумом в утреннее и вечернее время.

Лёт и нападение мух наблюдаются с мая до середины сентября и составляют в среднем 138 дней.

Библиографический список

1. Лавренова В. Химические методы борьбы с зоофильными мухами // Ценовик. 2023. № 7. С. 68–72.
2. Лавренова В. Борьба с зоофильными мухами в птицеводстве // Ценовик. 2024. № 7. С. 59–62.
3. Howarth F. G., Cotoras D. D., Rothmann S., Rios S., Valdez C., Hucce P. L., Villagra C., Flores-Prado L. The terrestrial arthropods of Rapa Nui: a fauna dominated by non-native species // Global Ecology and Conservation. 2025. Vol. 57. Article number e03280. DOI: 10.1016/j.gecco.2024.e03280.
4. Hasan H. A., Leong K. Ph. Growth of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Sarcophaga dux* (Diptera: Sarcophagidae) larvae in poultry and livestock manures: Implication for animal waste management // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2018. Vol. 21 (3). Pp. 880–884. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.07.001.
5. Халиулин Ю. Г., Печатникова Е. А., Акимов В. С., Серов Д. Н. Клиническое наблюдение фурункулезного миаза: диагностика и лечение // Клиническая дерматология и венерология. 2020. № 19 (3). С. 333–336. DOI: 10.17116/klinderma202019031333.
6. Андреев О. Н. Миаз дикой утки // Российский ветеринарный журнал. 2022. № 2. С. 26–29. DOI: 10.32416/2500-4379-2022-2-26-29.
7. Будищева Л. М. Суточная активность зоофильных мух в условиях свиного комплекса // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Болгарии: сборник научных докладов XXIV международного научно-практического форума (Якутск, 19–20 августа 2021). Новосибирск, 2022. С. 225–226.
8. Krčmar S. Diversity of flesh flies (Sarcophagidae, Sarcophaginae) of pond habitats in rural areas in the Croatian part of Baranja // Zookeys. 2023. Vol. 1159. Pp. 17–36. DOI: 10.3897/zookeys.1159.100878.
9. Khamesipour F., Lankarani K. B., Honarvar B., Kwenti T. E. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.) // BMC Public Health. 2018. Vol. 18. Article number 1049. DOI: 10.1186/s12889-018-5934-3.
10. Rojas A., Yardeny D., Brenner O., Schvartz G., Baneth G., Dvir E. Cutaneous habronemiasis in horses: first molecular characterization of *Habronema muscae* in Israel // Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases. 2021. Vol. 75. Article number 101608. DOI: 10.1016/j.cimid.2020.101608.
11. Nisar M. Sh., Ismail M. A., Ramzan H., Maqbool M. M., Ahmad T., Ghramh H. A., Khalofah A., Kmet Ja., Horvát M., Farooq Sh. The impact of different plant extracts on biological parameters of Housefly [*Musca domestica* (Diptera: Muscidae)]: implications for management // Saudi Journal of Biological Sciences. 2021. Vol. 28, Iss. 7. Pp. 3880–3885. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.070.
12. Sudagidan M., Ozalp V. C., Can Ö., Eligül H., Yurt M. N. Z., Tasbasi B. B., Acar E. E., Kavruk M., Koçak O. Surface microbiota and associated staphylococci of houseflies (*Musca domestica*) collected from different environmental sources // Microbial Pathogenesis. 2022. Vol. 164. Article number 105439. DOI: 10.1016/j.micpath.2022.105439.
13. Ramosab R. A. N., Hakimia H., Metinouc S. K., Danzabec W., Overcastde M., Cox J., Garabedd R., Ouakouf Ph. Tch., Nare R. N. B., Torres-Velez F., Tritten L., Saleh M. N., Verocai G. G. Cutaneous myiasis by Calliphoridae dipterans in dogs from Chad // Acta Tropica. 2024. Vol. 260. Article number 107454. DOI: 10.1016/j.actatropica.2024.107454.
14. Martins L. G. V., Barbosa T. M., Gama R. A. Myiasis in humans: case reports in Northeastern Brazil including multispecies co-infestation by Sarcophagidae // Parasitology International. 2021. Vol. 85. Article number 102436. DOI: 10.1016/j.parint.2021.102436.

15. Егоров С. В., Крючкова Е. Н., Абалихин Б. Г., Соколов Е. А. Роль зоофильных мух в распространении зоонозов в скотоводческих хозяйствах Ивановской области и меры борьбы с ними // Российский паразитологический журнал. 2022. Т. 16. № 1. С. 119–124. DOI: 10.31016/1998-8435-2022-16-1-119-124.

16. Sadiq N., Naqqash M. N., Khan M. Z., Saeed Sh., Iqbal N. Toxicity and sublethal effects of diafenthiuron on life table parameters of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) // Experimental Parasitology. 2022. Vol. 242. Article number 108377. DOI: 10.1016/j.exppara.2022.108377.

17. Gharib A. M., El-Shewy A. M., Hamouda S. S. A., Gad H. A., Abdelgaleil S. A. M. Insecticidal, biochemical and histological effects of monoterpenes against *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2024. Vol. 27, Iss. 2. Article number 102256. DOI: 10.1016/j.aspen.2024.102256.

Об авторах:

Александр Дмитриевич Решетников, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия; ORCID 0000-0002-9817-4329, AuthorID 420644. E-mail: adreshetnikov@mail.ru

Анастасия Ивановна Барашкова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Якутск, Россия; ORCID 0000-0002-1815-4951, AuthorID 682614. E-mail: aibarashkova@mail.ru

References

1. Lavrenova V. Chemical methods of control of zoophilic flies. *Tsenovik*. 2023; 7: 68–72. (In Russ.)
2. Lavrenova V. Control of zoophilic flies in poultry farming. *Tsenovik*. 2024; 7: 59–62. (In Russ.)
3. Howarth F. G., Cotoras D. D., Rothmann S., Ríos S., Valdez C., Hücke P. L., Villagra C., Flores-Prado L. The terrestrial arthropods of Rapa Nui: a fauna dominated by non-native species. *Global Ecology and Conservation*. 2025; 57: e03280. DOI: 10.1016/j.gecco.2024.e03280.
4. Hasan H. A., Leong K. Ph. Growth of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and *Sarcophaga dux* (Diptera: Sarcophagidae) larvae in poultry and livestock manures: Implication for animal waste management. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2018; 21 (3): 880–884. DOI: 10.1016/j.aspen.2018.07.001.
5. Khaliulin Y. G., Pechatnikova E. A., Akimov V. C., Serov D. N. Clinical observation of furuncle myiasis: diagnosis and treatment. *Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology*. 2020; 19 (3): 333–336. DOI: 10.17116/klinderma202019031333. (In Russ.)
6. Andreyanov O. N. Wild duck miasis. *Russian Veterinary Journal*. 2022; 2: 26–29. DOI: 10.32416/2500-4379-2022-2-26-29. (In Russ.)
7. Budishcheva L. M. Daily activity of zoophilic flies in a pig farm. *Agrarian science for agricultural production in Siberia, Mongolia, Kazakhstan, Belarus and Bulgaria: collection of scientific reports from the XXIV international scientific and practical forum* (Yakutsk, August 19–20, 2021). Novosibirsk, 2022. Pp. 225–226. (In Russ.)
8. Krčmar S. Diversity of flesh flies (Sarcophagidae, Sarcophaginae) of pond habitats in rural areas in the Croatian part of Baranja. *Zookeys*. 2023; 1159: 17–36. DOI: 10.3897/zookeys.1159.100878.
9. Khamesipour F., Lankarani K. B., Honarvar B., Kwenti T. E. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.). *BMC Public Health*. 2018; 18: 1049. DOI: 10.1186/s12889-018-5934-3.
10. Rojas A., Yardeny D., Brenner O., Schwartz G., Baneth G., Dvir E. Cutaneous habronemosis in horses: First molecular characterization of *Habronema muscae* in Israel. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2021; 75: 101608. DOI: 10.1016/j.cimid.2020.101608.
11. Nisar M. Sh., Ismail M. A., Ramzan H., Maqbool M. M., Ahmad T., Ghramh H. A., Khalofah A., Kmet Ja., Horvát M., Farooq Sh. The impact of different plant extracts on biological parameters of Housefly [*Musca domestica* (Diptera: Muscidae)]: Implications for management. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021; 28 (7): 3880–3885. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.070.
12. Sudagidan M., Ozalp V. C., Can Ö., Eligül H., Yurt M. N. Z., Tasbasi B. B., Acar E. E., Kavruk M., Koçak O. Surface microbiota and associated staphylococci of houseflies (*Musca domestica*) collected from different environmental sources. *Microbial Pathogenesis*. 2022; 164: 105439. DOI: 10.1016/j.micpath.2022.105439.
13. Ramosab R. A. N., Hakimia H., Metinouc S. K., Danzabec W., Overcastde M., Cox J., Garabed R., Ouakouf Ph. Tch., Nare R. N. B., Torres-Velez F., Tritten L., Saleh M. N., Verocai G. G. Cutaneous myiasis by Calliphoridae dipterans in dogs from Chad. *Acta Tropica*. 2024; 260: 107454. DOI: 10.1016/j.actatropica.2024.107454.

14. Martins L. G. V., Barbosa T. M., Gama R. A. Myiasis in humans: Case reports in Northeastern Brazil including multispecies co-infestation by Sarcophagidae. *Parasitology International*. 2021; 85: 102436. DOI: 10.1016/j.parint.2021.102436.

15. Egorov S. V., Kryuchkova E. N., Abalikhin B. G., Sokolov E. A. The role of zoophilous flies in the spread of zoonoses in cattle breeding farms of the Ivanovo region and measures to combat them. *Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (1): 119–124. DOI: 10.31016/1998-8435-2022-16-1-119-124. (In Russ.)

16. Sadiq N., Naqqash M. N., Khan M. Z., Saeed Sh., Iqbal N. Toxicity and sublethal effects of diafenthiuron on life table parameters of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Experimental Parasitology*. 2022; 242: 108377. DOI: 10.1016/j.exppara.2022.108377.

17. Gharib A. M., El-Shewy A. M., Hamouda S. S.A., Gad H. A., Abdelgaleil S. A.M. Insecticidal, biochemical and histological effects of monoterpenes against *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 2024; 27 (2): 102256. DOI: 10.1016/j.aspen.2024.102256.

Authors' information:

Aleksandr D. Reshetnikov, doctor of veterinary sciences, professor, chief researcher, head of laboratory, M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Yakutsk, Russia; ORCID 0000-0002-9817-4329, AuthorID 420644. *E-mail: adreshetnikov@mail.ru*

Anastasiya I. Barashkova, doctor of biological sciences, chief researcher, M. G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – Division of Federal Research Centre “The Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, Yakutsk, Russia; ORCID 0000-0002-1815-4951, AuthorID 682614. *E-mail: aibarashkova@mail.ru*

Некоторые аспекты инвестиционного развития сельскохозяйственной сферы макрорегиона

Е. Б. Дворядкина, Г. М. Квон[✉], Е. А. Шишкина

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: sung2002@mail.ru

Аннотация. В современных условиях, характеризующихся ужесточением санкционного давления, актуальным является сохранение позиций сельскохозяйственного сектора экономики субъектов РФ как отрасли, отвечающей за продовольственную безопасность страны. В этой связи важным является обеспечение устойчивости сельского хозяйства за счет поддержания уровня инвестиционного развития, сохранения инвестиционной привлекательности регионов. **Цель исследования** состоит в обосновании позиций субъектов РФ, входящих в состав Уральского макрорегиона, в пространстве страны в аспекте инвестиционного развития сельскохозяйственной сферы, подтверждающих развитие (отставание) сельскохозяйственного сектора регионов на основе динамики сформированной группы показателей. **Методы.** В качестве основного метода в данной статье использован структурно-динамический, а также методы сравнительного анализа, табличной и графической визуализации, позволившие в результате обосновать позиции субъектов макрорегиона по выбранным показателям за 10-летний период. **Научная новизна** работы состоит в разработке и апробации методики структурно-динамического и сравнительного анализа, содержащей обоснованный перечень показателей, отражающих производственные факторы, отраслевую и территориальную специфику, позволяющей идентифицировать уровень развития сельскохозяйственной сферы каждого субъекта РФ, входящего в состав Уральского макрорегиона, а также выявить тенденции инвестиционного развития сельского хозяйства макрорегиона в целом на фоне общероссийских трендов. **Результаты.** В работе на основе сформированной авторами группы показателей проведен анализ развития сельскохозяйственной сферы субъектов Уральского макрорегиона за 2014–2023 гг., идентифицированы тенденции ее опережения (отставания) относительно среднероссийского уровня. Определено, что, несмотря на общую положительную динамику развития сельского хозяйства макрорегиона, существует ее отставание от среднероссийских показателей, что создает ограничения и риски для будущего развития отрасли. **Практическая значимость** проведенных исследований заключается в возможности их использования органами власти регионов для выработки точечных мер, направленных на поддержку сельскохозяйственной сферы отдельных регионов в составе макрорегиона результатов опережения (или отставания) динамики выбранных показателей выбранного вида экономической деятельности, среди которых наблюдается недостаточное внимание к отдельным направлениям развития отрасли.

Ключевые слова: развитие, тенденции развития, регион, макрорегион, сельское хозяйство, инвестиции, коэффициент опережения, коэффициент отставания

Для цитирования: Дворядкина Е. Б., Квон Г. М., Шишкина Е. А. Некоторые аспекты инвестиционного развития сельскохозяйственной сферы макрорегиона // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1267–1278. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1267-1278>.

Дата поступления статьи: 07.06.2025, **дата рецензирования:** 18.07.2025, **дата принятия:** 28.07.2025.

Some aspects of the investment development of the agricultural sector of the macroregion

E. B. Dvoryadkina, G. M. Kvon[✉], E. A. Shishkina

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: sung2002@mail.ru

Abstract. In modern conditions, characterized by the tightening of sanctions pressure, it is important to maintain the position of the agricultural sector of the economy of the subjects of the Russian Federation as an industry responsible for the country's food security. In this regard, it is important to ensure the sustainability of agriculture by maintaining the level of investment development and preserving the investment attractiveness of the regions.

The purpose of the study is to substantiate the positions of the subjects of the Russian Federation, which are part of the Ural macroregion, in the country's space in terms of investment development of the agricultural sector, confirming the development (lag) of the agricultural sector of the regions based on the dynamics of the formed group of indicators. **Methods.** The main method used in this article is structural and dynamic, as well as methods of comparative analysis, tabular and graphical visualization, which allowed us to substantiate the positions of the subjects of the macroregion according to the selected indicators over a 10-year period. **The scientific novelty** of the work consists in the development and testing of a methodology for structural, dynamic and comparative analysis, which contains a well-founded list of indicators reflecting production factors, industry and territorial specifics, which makes it possible to identify the level of development of the agricultural sector in each constituent entity of the Russian Federation, which is part of the Ural macroregion, as well as to identify trends in the investment development of agriculture in the macroregion as a whole against the background of nationwide trends. **Results.** Based on the group of indicators formed by the authors, the analysis of the development of the agricultural sector of the subjects of the Ural macroregion for 2014–2023 was carried out, and the trends of its advance (lag) relative to the average Russian level were identified. It is determined that despite the overall positive dynamics of the development of agriculture in the macroregion, it lags behind the national average, which creates limitations and risks for the future development of the industry. **The practical significance** of the conducted research lies in the possibility of their use by regional authorities to develop targeted measures aimed at supporting the agricultural sector of individual regions within the macroregion of the results of outperformance (or lagging behind) the dynamics of selected indicators of the selected type of economic activity, among which there is insufficient attention to certain areas of industry development.

Keywords: development, development trends, region, macroregion, agriculture, investments, advance coefficient, lag coefficient

For citation: Dvoryadkina E. B., Kvon G. M., Shishkina E. A. Some aspects of the investment development of the agricultural sector of the macroregion. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1267–1278. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1267-1278>. (In Russ.)

Date of paper submission: 07.06.2025, **date of review:** 18.07.2025, **date of acceptance:** 28.07.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Различные аспекты развития территориальной системы (устойчивое, стратегическое, экономическое, социальное, социально-экономическое, пространственное, региональное развитие) достаточно широко представлены в трудах отечественных и зарубежных исследователей и отражают в территориальном контексте «социально-экономическое и экологическое благополучие территорий... полноту реализации основных функций региональных систем» [1]. Обобщив в своих работах сущностные признаки понятия «развитие» [2–5], авторы считают драйвером, обеспечивающим возможность развития территории, вложение инвестиционных

ресурсов. При выделении понятия «инвестиционное развитие» нами ставится задача исследовать сложившиеся тенденции прежде всего в показателях, отражающих непосредственно суммы вкладываемых средств в развитие сельскохозяйственной сферы ряда субъектов Российской Федерации (регионов, входящих в Уральский макрорегион), а также и других важнейших показателей, согласно специфике данной сферы. Поддержание уровня инвестиционной привлекательности субъектов РФ в сфере сельского хозяйства, формируемой на основе инвестиционного потенциала и инвестиционного риска, позволит удержать «конкурентные позиции аграрных российских производителей на

мировом рынке» [6], которые были сформированы за 2011–2021 годы, а также преодолеть сдерживающие факторы [7] при существующей «нестабильности структуры отраслевого аграрного производства сельского пространства Российской Федерации и ее регионов в условиях современной экономической неопределенности» [8].

Реализация инвестиционной деятельности отражает приоритеты стратегического развития страны и ее регионов, учитывает основы инвестиционного законодательства, имеющего при общей направленности на обеспечение национальной безопасности страны свою специфику в регионах. При этом инвестиционная стратегия не является обязательным документом стратегического планирования (перечень обязательных документов регулируется законом о стратегическом планировании¹), но правовые основы инвестиционного развития субъектов РФ формируются «на основе инвестиционного законодательства и документов стратегического планирования» [9], зачастую требующих совершенствования. Так, в работе Б. С. Жихаревича предлагается в контексте совершенствования системы стратегического планирования проводить оценку устойчивости регионов на основе индекса резилиентности [10], что нашло отражение и в более ранней работе авторов данной статьи, рассчитавших индекс резилиентности субъектов РФ по макрорегиону с учетом специфики сельскохозяйственной сферы макрорегиона [11], а также в работах других авторов [12–14]. Важным аспектом является и государственная поддержка аграрного сектора, недостаточность которой, по мнению П. В. Бурковского, «может привести к долгосрочным негативным последствиям в области снижения уровня продовольственной безопасности» [15].

В данной работе нами поставлена задача отразить позиции уральских регионов (сопоставив их со среднероссийскими значениями), характеризующих их место в РФ в сельскохозяйственной сфере, и здесь авторы согласны с мнением И. Н. Домниной, давшей характеристику современным условиям, когда «межрегиональная дифференциация и инвестиционные диспропорции между различными территориями страны могут усиливаться» [16], в связи с чем необходимо проводить анализ региональных различий, позволяющих обнаружить наличие (или отсутствие) возможных, порой неожиданных разрывов в трендах развития регионов, что может помешать «определиться с характером социально-экономического развития в кратко- и среднесрочной перспективе» [17].

¹ Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28.06.2014 № 172-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 13.07.2024 № 177-ФЗ). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=lyy4106zqe692782441 (дата обращения: 03.05.2025).

Методология и методы исследования (Methods)

Методология включает системно-структурный подход, методика предусматривает выполнение ряда этапов, отражающих цель и задачи исследования:

- выбор объекта исследования: нами принят Уральский макрорегион, компонентный состав которого формируют семь субъектов Российской Федерации;
- обоснование показателей, отражающих специфику сельскохозяйственной сферы макрорегиона в части кадрового обеспечения, результатов функционирования, состояния основных фондов, а также инвестиционного развития (подробный перечень показателей представлен далее);
- определение периода исследования, анализ динамики показателей: нами выбран период, охватывающий 10 лет (с 2014 по 2023 год);
- выбор метода исследования: анализ рядов динамики, расчет коэффициентов сравнения, опережения (отставания) показателей от среднероссийских значений, графические построения;
- анализ полученных результатов.

Результаты (Results)

В более ранних исследованиях авторов [11] рассмотрена динамика ключевых показателей сельского хозяйства Уральского макрорегиона, при этом для оценки состояния развития отрасли особое значение приобретают относительные оценки. В данной работе проведем структурно-динамический и сравнительный анализ показателей развития сельского хозяйства макрорегиона и страны в целом. Период исследования составил 10 лет (2014–2023), выбор 2014 года в качестве реперной точки связан со временем появления Указа Президента РФ от 6 августа 2014 года № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации»², вводившего продовольственное эмбарго на импорт ряда сельскохозяйственных продуктов, следствием чего стало некоторое стимулирование развития сельского хозяйства и пищевой промышленности в России. Для исследования использованы показатели, не только характеризующие инвестиционное развитие, но и обеспечивающие его результаты функционирования отрасли³, кадровое обеспечение, состояние основных фондов.

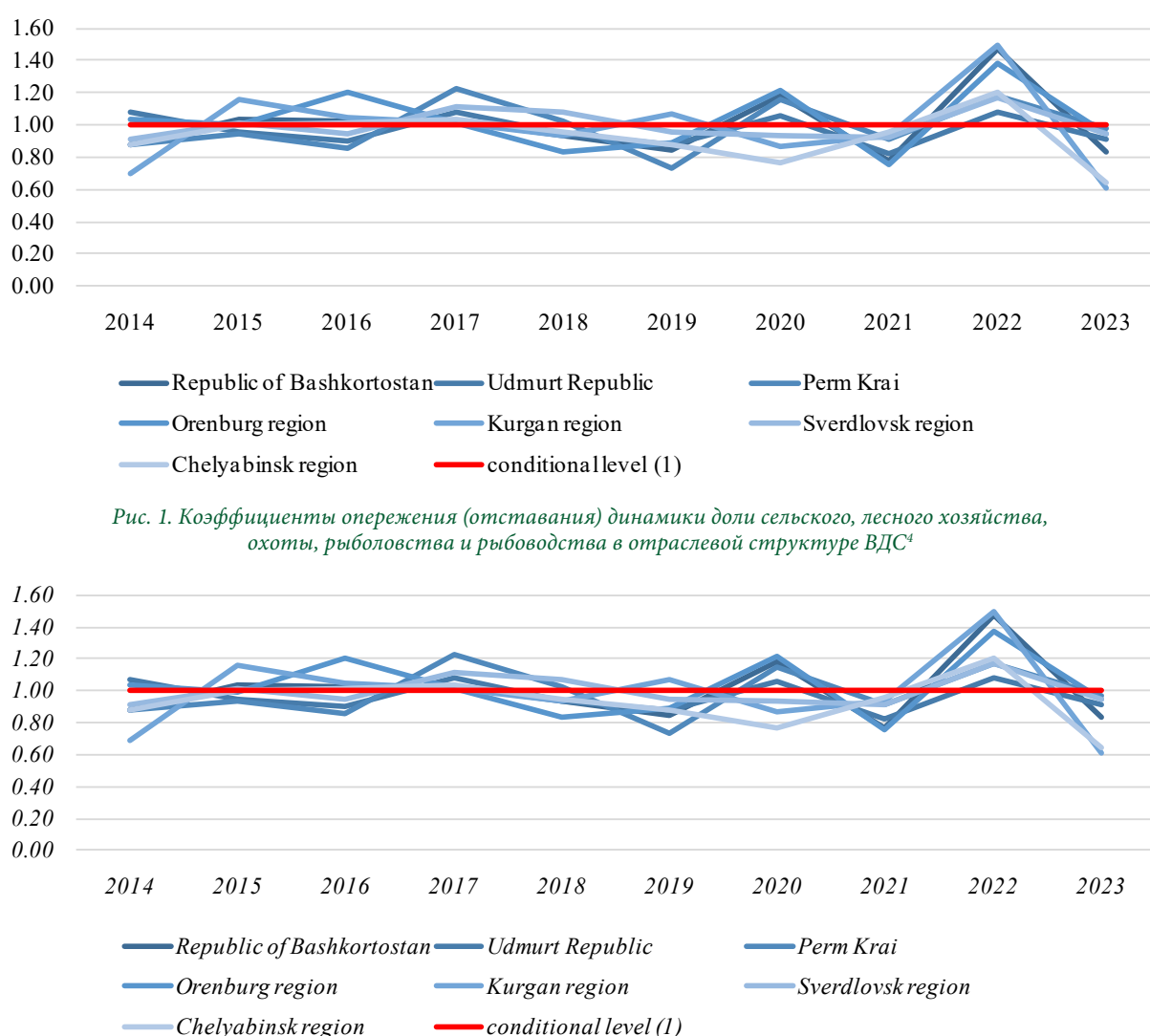
В рассматриваемый период доля сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства в отраслевой структуре ВДС не имела существенных колебаний, средний уровень в РФ в 2014–

² Указ Президента РФ от 6 августа 2014 года № 560 «О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации» (в ред. Указов Президента РФ от 18.09.2024 № 807). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/38809> (дата обращения: 03.05.2025).

³ Расчет производится по виду деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство».

2023 годах составил 4,5 % при общей тенденции к сокращению на 22,9 % (до 3,7 % в 2023 году). В субъектах Уральского макрорегиона также отмечается динамика сокращения доли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства в ВДС. Сравнивая средние абсолютные значения показателей, отметим, что в большинстве субъектов макрорегиона они превышают среднероссийский уровень (исключение – Пермский край и Свердловская область). Отметим, что субъекты РФ в составе макрорегиона имеют схожую динамику в части опережения (отставания) показателя от РФ в целом. В среднем по макрорегиону периоды опережения включают 2016, 2020, 2022 годы, в другие годы динамика показателя отстающая (рис. 1).

Несмотря на снижении доли отрасли в ВДС, в целом за период можно говорить о росте абсолютного значения ВДС по виду деятельности в РФ на 75,0 %, при этом в расчете на одного занятого прирост составил 150,7 % (по Уральскому макрорегиону +192,6 %). Субъекты РФ внутри региона также демонстрируют положительную динамику, наибольший прирост имели Пермский край, Оренбургская область, Свердловская область. Данные тенденции обусловлены как наращиванием показателя ВДС, так и нестабильной динамикой занятых. Поэтому следует обратить внимание на коэффициенты опережения (отставания) динамики показателей по макрорегиону и РФ (рис. 2).



⁴ Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025). Положительное значение коэффициента характеризует опережение региональными показателями среднероссийские значения, отрицательное значение – отставание.

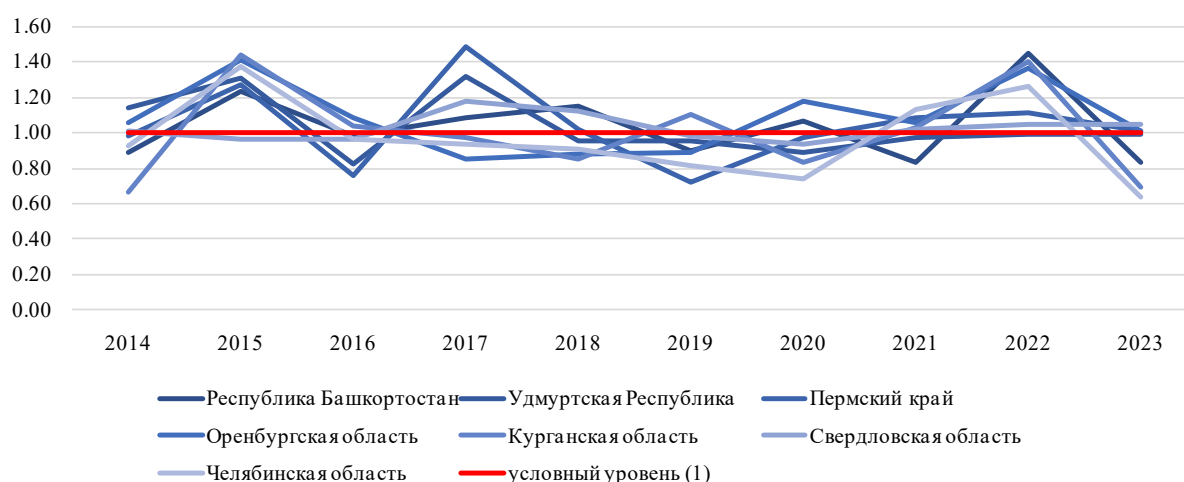


Рис. 2. Коэффициенты опережения (отставания) динамики валовой добавленной стоимости на одного занятого в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство»⁵

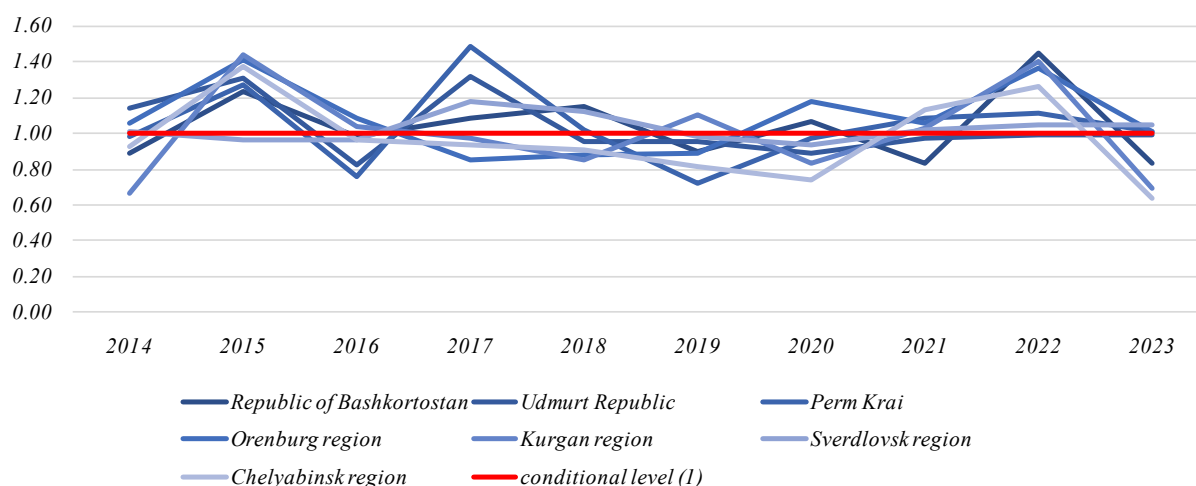


Fig. 2. Coefficients of advance (lag) of the dynamics of gross value added per 1 employed person in the context of the type of economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming"

Отметим, что динамика ВДС на одного занятого по субъектам РФ в составе макрорегиона схожа в части опережения (отставания) от РФ в целом. В среднем по макрорегиону периоды опережения включают 2015, 2017, 2021, 2022 годы, в другие годы наблюдалась отстающая динамика. При этом для уточнения факторов, обуславливающих изменение показателя, следует рассмотреть динамику занятых в отрасли.

За период 2014–2023 годов отмечается устойчивое сокращение числа занятых в сельском хозяйстве⁶, при этом для Уральского макрорегиона тенденции более негативные (сокращение в среднем на 48,4 %), чем для страны в целом (сокращение на 31,6 %). В разрезе субъектов РФ динамика более дифференцирована в период до 2018 года, далее различия минимизируются (рис. 3).

В среднем по макрорегиону наиболее интенсивное сокращение занятых отмечается в 2018, 2021, 2023 годах. Доля занятых в отрасли в макрорегионе также характеризуется сокращением, особенно это проявляется в Республике Башкортостан, Удмуртской Республике, где показатели снизились более чем на 50 %. Периоды наиболее интенсивного сокращения включали 2014, 2016, 2018, 2019, 2023 годы (рис. 4).

Соответственно, сокращение численности занятых может рассматриваться как фактор роста показателя ВДС на одного занятого. Для оценки эффективности функционирования отрасли следует рассмотреть показатель производства продукции (рис. 5).

⁵ Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025).

⁶ В разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство».

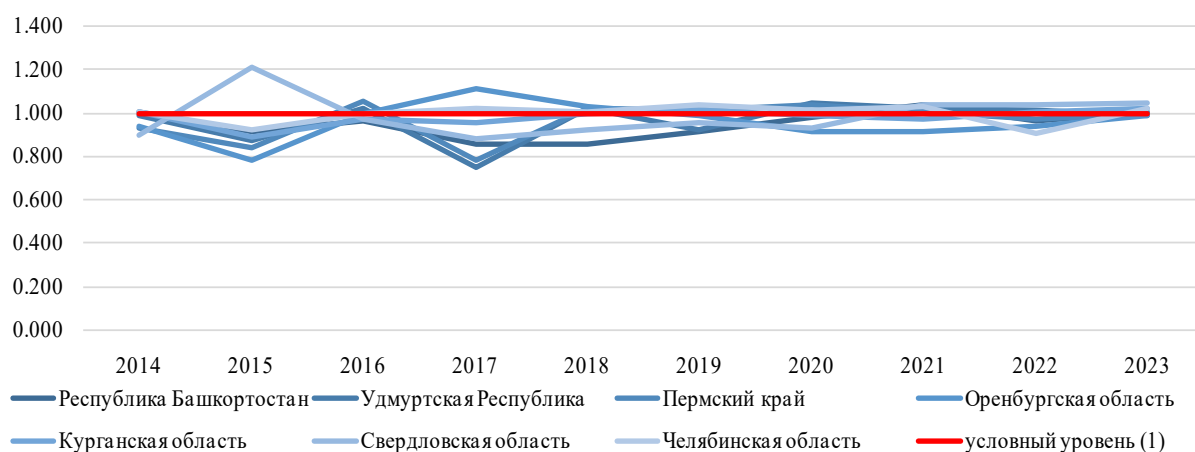


Рис. 3. Коэффициенты опережения (отставания) динамики среднегодовой численности занятых в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство»⁷

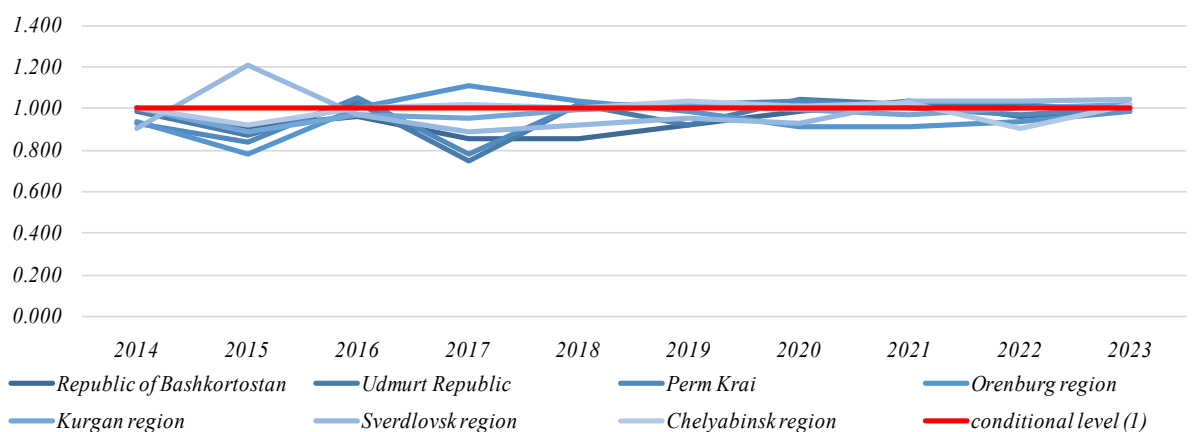


Fig. 3. Coefficients of the advance (lag) of the dynamics of the average annual number of employed in the context of the type of economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming"

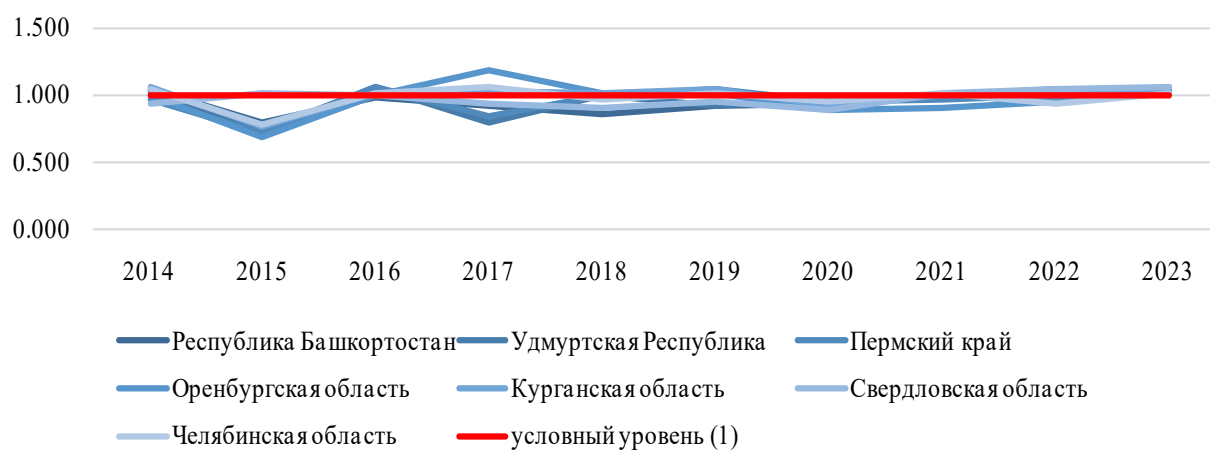


Рис. 4. Коэффициенты опережения (отставания) динамики доли занятых в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в общей занятости в экономике⁸

⁷ Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025).

⁸ Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025).

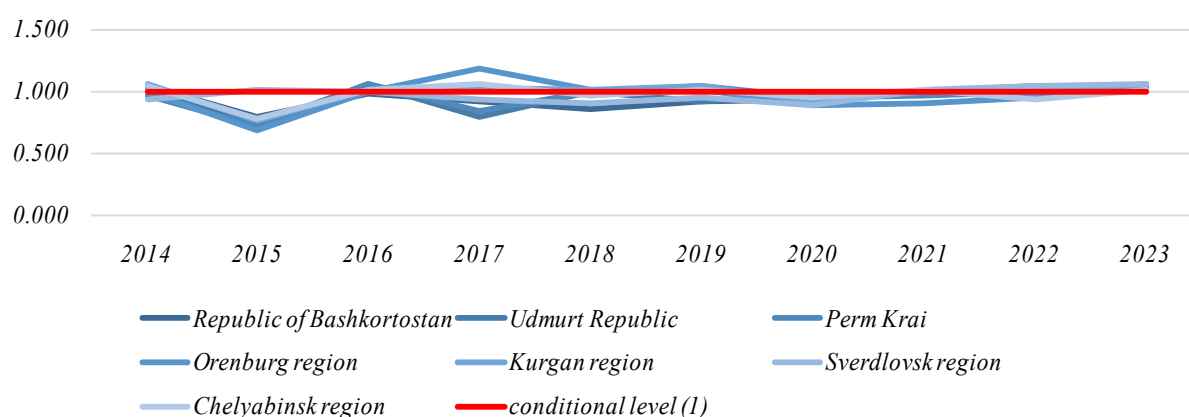


Fig. 4. Coefficients of the advance (lag) of the dynamics of the share of employed in the context of the type of economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming" in total employment in the economy

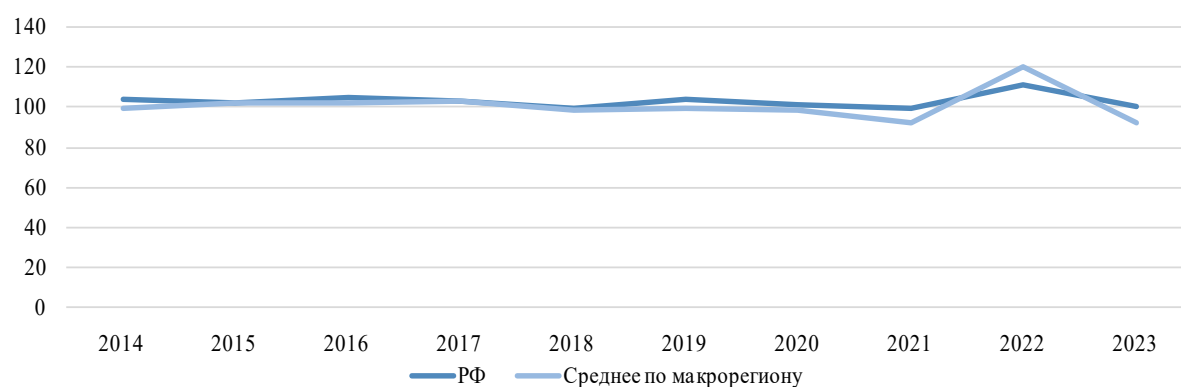


Рис. 5. Индексы производства продукции сельского хозяйства, %⁹

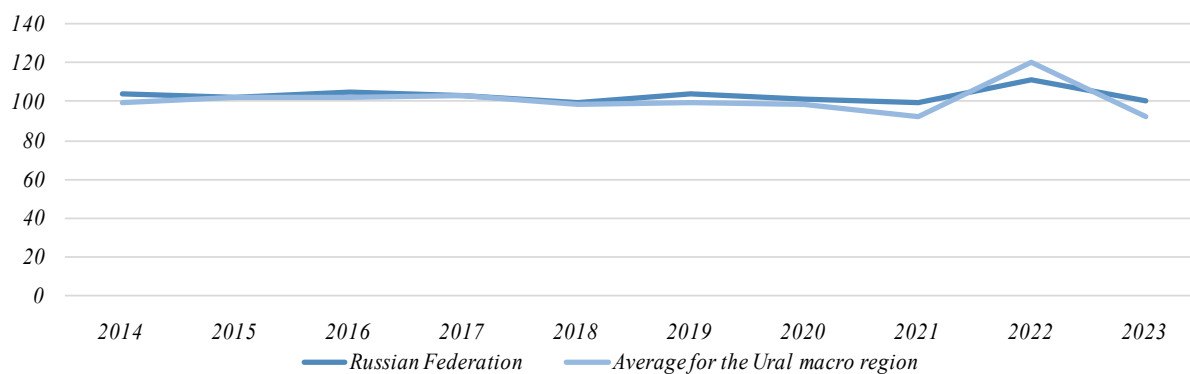


Fig. 5. Agricultural production indices, %

За исследуемый период производство продукции сельского хозяйства незначительно сокращается. При этом в 2022 году отмечается наибольший прирост показателя по макрорегиону. В целом сравнение индексов производства продукции сельского хозяйства показывает, что только в 2017 и 2022 годах показатели по макрорегиону оказываются выше среднероссийского уровня.

На динамику производства продукции оказывают влияние инвестиции в отрасль. В 2014–2023 годах инвестиции¹⁰ в РФ увеличились на 43,5 %, в Уральском макрорегионе наибольший прирост имели Удмуртская Республика (+151,4 %), Оренбургская область (+161,3 %), Курганская область (+457,6 %), сокращение – Челябинская область (более 50 %). По стране в целом ежегодная динамика положительна (исключение – 2017 год), однако макрорегиону ситуация неоднозначна (таблица 1).

⁹ Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025).

¹⁰ В разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство».

Таблица 1
Коэффициенты опережения/отставания¹¹ динамики инвестиций в основной капитал в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» по Уральскому макрорегиону относительно уровня РФ¹²

Регион	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Республика Башкортостан	0,66	0,92	1,15	1,07	0,65	1,22	1,28	0,94	1,46	0,79
Удмуртская Республика	1,26	1,20	0,83	1,66	0,80	1,23	0,97	1,05	1,03	1,01
Пермский край	0,98	1,01	0,91	1,67	0,80	0,91	1,09	1,24	1,22	0,66
Оренбургская область	0,79	0,95	0,97	1,67	1,01	1,77	0,55	1,39	0,77	1,12
Курганская область	0,81	0,79	1,23	1,44	1,69	1,12	0,80	1,31	1,43	0,98
Свердловская область	0,74	0,82	1,02	2,78	0,57	0,85	1,20	0,82	1,10	1,13
Челябинская область	1,16	0,51	0,56	1,16	1,81	0,78	0,68	0,69	1,06	1,30

Table 1
Lead/lag coefficients of the dynamics of investments in fixed capital in the context of the type of economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming" in the Ural macro-region relative to the level of the Russian Federation

Region	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Republic of Bashkortostan	0.66	0.92	1.15	1.07	0.65	1.22	1.28	0.94	1.46	0.79
Udmurt Republic	1.26	1.20	0.83	1.66	0.80	1.23	0.97	1.05	1.03	1.01
Perm Krai	0.98	1.01	0.91	1.67	0.80	0.91	1.09	1.24	1.22	0.66
Orenburg region	0.79	0.95	0.97	1.67	1.01	1.77	0.55	1.39	0.77	1.12
Kurgan region	0.81	0.79	1.23	1.44	1.69	1.12	0.80	1.31	1.43	0.98
Sverdlovsk region	0.74	0.82	1.02	2.78	0.57	0.85	1.20	0.82	1.10	1.13
Chelyabinsk region	1.16	0.51	0.56	1.16	1.81	0.78	0.68	0.69	1.06	1.30

Таблица 2
Сравнение износа ОФ в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство»¹³

Регион	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Республика Башкортостан	1,22	1,19	1,20	1,08	0,99	1,01	1,01	1,01	1,10	1,11
Удмуртская Республика	0,97	0,92	0,90	0,86	0,83	0,87	0,88	0,92	1,03	1,06
Пермский край	0,97	0,92	0,89	0,85	0,81	0,84	0,85	1,05	1,10	1,17
Оренбургская область	0,96	0,94	0,94	0,87	0,86	0,93	0,91	1,02	1,05	1,07
Курганская область	0,82	0,76	0,76	0,71	0,80	0,79	1,05	1,09	1,13	1,14
Свердловская область	1,17	1,06	1,02	1,01	0,97	0,99	0,98	1,00	1,03	1,13
Челябинская область	1,27	1,26	1,19	1,09	1,08	1,11	1,07	1,07	1,15	1,14

Table 2
Comparison of the wear and tear of the Office in the context of the type of economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming"

Region	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Republic of Bashkortostan	1.22	1.19	1.20	1.08	0.99	1.01	1.01	1.01	1.10	1.11
Udmurt Republic	0.97	0.92	0.90	0.86	0.83	0.87	0.88	0.92	1.03	1.06
Perm Krai	0.97	0.92	0.89	0.85	0.81	0.84	0.85	1.05	1.10	1.17
Orenburg region	0.96	0.94	0.94	0.87	0.86	0.93	0.91	1.02	1.05	1.07
Kurgan region	0.82	0.76	0.76	0.71	0.80	0.79	1.05	1.09	1.13	1.14
Sverdlovsk region	1.17	1.06	1.02	1.01	0.97	0.99	0.98	1.00	1.03	1.13
Chelyabinsk region	1.27	1.26	1.19	1.09	1.08	1.11	1.07	1.07	1.15	1.14

¹¹ Рассчитывается относительно среднероссийского уровня, «+» – опережение, «-» – отставание.

¹² Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025).

¹³ Рассчитан коэффициент сравнения как отношение показателя по региону к РФ.

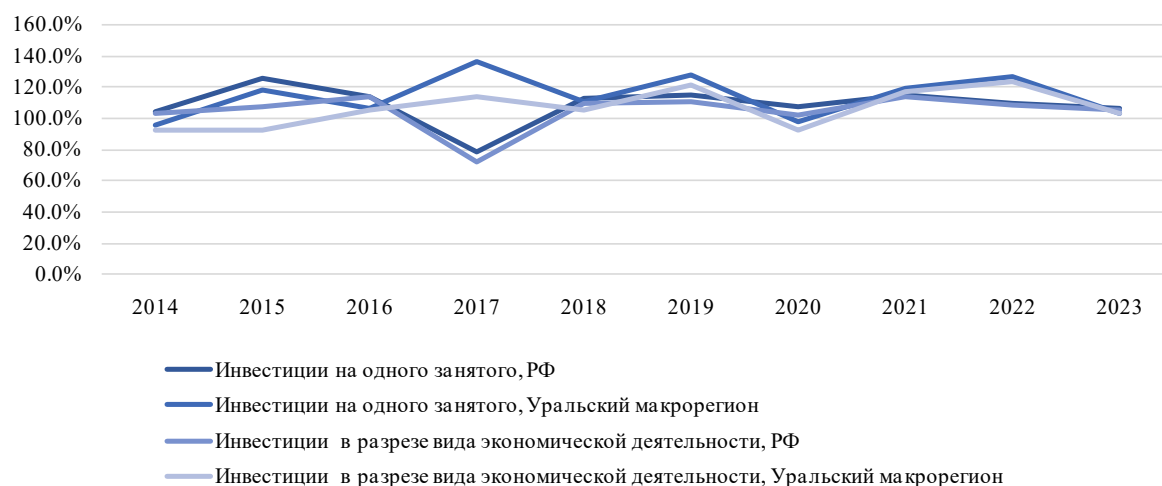


Рис. 6. Динамика инвестиций на одного занятого в разрезе вида экономической деятельности социальной сферы «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», %¹⁴

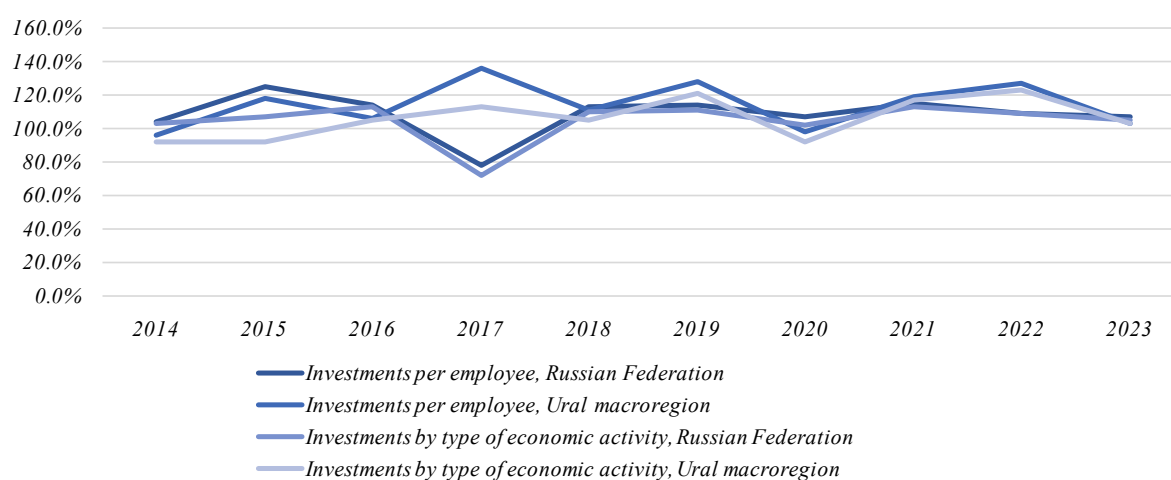


Fig. 6. Dynamics of investments per employee in the context of the type of economic activity in the social sphere "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming", %

В среднем большинство субъектов макрорегиона демонстрируют опережающую динамику в 2017, 2019, 2021–2023 годах. В макрорегионе средний ежегодный прирост инвестиций в отрасль положителен (исключение – Челябинская область, что обусловлено чередованием роста и спада показателей в разные годы). Аналогичные тенденции выявляются при анализе инвестиций на одного занятого в отрасли (рис. 6).

Периоды подъема и спада рассматриваемых показателей оказываются наиболее дифференцированными до 2019 года, после отмечается их сглаживание, что позволяет говорить о большем влиянии изменения инвестиций, а не численности занятых на относительный показатель.

Важнейшим показателем, отражающим уровень экономической безопасности, является износ основных фондов (таблица 2).

Существенным ограничением развития отрасли в макрорегионе за период 2014–2023 годов остается высокий износ основных фондов – более 55 %, по РФ показатель несколько ниже – более 52 % при общей тенденции к сокращению. Отметим, что в Челябинской области и Республике Башкортостан износ основных фондов в сельском хозяйстве остается одним из наиболее высоких, устойчиво выше среднероссийского уровня, наиболее низкий уровень имели Курганская область и Удмуртская Республика (таблица 2).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты структурно-динамического и сравнительного анализа развития сельского хозяйства Уральского макрорегиона в 2014–2023 годах позволяют сделать следующие выводы. Доля сельского хозяйства в структуре ВДС страны снижается, аналогичная динамика наблюдается и в субъектах Уральского макрорегиона, за исключением отдель-

¹⁴ В процентах к предыдущему периоду. Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.05.2025).

ных периодов (например, 2016, 2020, 2022 годы), когда наблюдалось опережение относительно среднероссийских показателей. ВДС на одного занятого в отрасли увеличивается, что свидетельствует о росте производительности труда, несмотря на сокращение числа занятых. В целом по стране численность занятых в отрасли снизилась на 31,6 %, в Уральском макрорегионе – еще больше (на 48,4 %). Это можно рассматривать как один из факторов роста показателя ВДС на одного занятого. Инвестиции в сельское хозяйство увеличиваются, при этом их динамика в макрорегионе неоднозначна: наблюдались годы как роста, так и спады. Высоким остается уровень износа основных фондов относительно среднероссийского показателя, несмотря на некоторое сокращение за рассматриваемый период.

Таким образом, сельское хозяйство Уральского макрорегиона за рассматриваемый период динамично развивается, несмотря на неблагоприятные тенденции в занятости и уровне износа основных фондов, что подтверждается ростом ВДС и инвестиций. Несмотря на общую положительную динамику развития сельского хозяйства, следует обратить внимание на ее отставание в части ряда показателей от среднероссийских. Указанное требует дополнительного исследования в части выявления причин указанных тенденций, среди которых недостаточное внимание к отдельным направлениям развития отрасли, выработка точечных мер, направленных на поддержку отдельных регионов в составе макрорегиона (т. к. при рассмотрении средних макрорегиональных данных происходит сглаживание некоторых отклонений).

Библиографический список

1. Фрактальные структуры в социально-экономическом пространстве Уральского макрорегиона: монография / Н. М. Сурнина, Е. А. Шишкина, Е. В. Радковская [и др.]. Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. экономического ун-та, 2014. 179 с.
2. Зеленая экономика в парадигме устойчивого развития / И. Н. Альхимович, Н. Р. Амирова, Е. В. Бурденко [и др.]. Москва: Инфра-М, 2023. 248 с. DOI: 10.12737/1898399.
3. Шишкина Е. А., Квон Г. М. Инвестиционные и стратегические направления и приоритеты социально-экономического развития макрорегиона // Экономический анализ: теория и практика. 2024. Т. 23, № 12. С. 2399–2409. DOI: 10.24891/ea.23.12.2399.
4. Дворядкина Е. Б., Травникова Д. А. Анализ тенденций устойчивого развития региональной социально-экономической системы: кейс здравоохранения // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2023. Т. 17, № 1. С. 210–219. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.1.22.
5. Теории регионального и местного развития: учеб. пособие / Е. Г. Анимица, Я. П. Силин, Н. В. Сбродова. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2015. 151 с.
6. Родионова И. А., Болохонов М. А., Васильева О. А., Торопова В. В. Оценка и направления повышения инвестиционной привлекательности сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 3. С. 430–439. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-430-439.
7. Серебрякова Т. Ю., Журавлев Е. В. Методика оценки инновационного развития регионального сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1748–1762. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1748-1762.
8. Красильникова Л. Е., Рущицкая О. А., Баландин Д. А., Кружкова Т. И. Отраслевое развитие сельских территориальных систем России в условиях современной экономической неопределенности // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 3. С. 404–416. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-404-416.
9. Арсланов Ш. Д. Инвестиционное развитие регионов: вопросы стратегического планирования // Региональные проблемы преобразования экономики. 2023. № 2 (148). С. 22–27. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-2-22-27.
10. Жихаревич Б. С. Риски и угрозы в стратегиях российских регионов // Региональная экономика. Юг России. 2020. Т. 8, № 4. С. 19–29. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.4.2.
11. Дворядкина Е. Б., Квон Г. М., Поздеева О. Г. Оценка резiliентности сельскохозяйственной сферы Уральского макрорегиона // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1514–1525. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1514-1525.
12. Климанов В. В., Казакова С. М., Михайлова А. А. Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // Вопросы экономики. 2019. № 5. С. 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64.
13. Криулина Е. Н., Оганян Л. Р., Катков К. А. Индексный подход к сравнительной оценке устойчивости сельского хозяйства субъекта федерального округа // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 09. С. 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-119-129.
14. Кузнецова О. В. Трансформация пространственной структуры экономики в кризисные и посткризисные периоды // Регион: Экономика и Социология. 2022. № 2 (114). С. 33–57. DOI: 10.15372/REG20220202.

15. Бурковский П. В. Повышение уровня региональной поддержки АПК в Краснодарском крае // АПК: экономика, управление. 2023. № 8. С. 34–44. DOI: 10.33305/238-34.

16. Домнина И. Н. Пространственная организация экономики в условиях структурной адаптации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Т. 13. № 3-1. С. 421. С. 413–423. DOI: 10.34670/AR.2023.48.50.099.

17. Бухвальд Е. М., Иванов О. Б. Стратегирование в условиях неопределенности: цели и инструменты // ЭТАП: Экономическая теория, анализ, практика. 2023. № 1. С. 7–26. DOI: 10.24412/2071-6435-2023-1-7-26.

Об авторах:

Елена Борисовна Дворядкина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, директор Института экономики и финансов, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967. E-mail: dvoryadkina@usue.ru

Гульнара Магсумовна Квон, доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2093-8699, AuthorID 340954. E-mail: sung2002@mail.ru

Елена Александровна Шишкина, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-1280-3105, AuthorID 230534. E-mail: le_gre@mail.ru

References

1. Surnina N. M., Shishkina E. A., Radkovskaya E. V., et al. *Fractal Structures in the Socio-Economic Space of the Ural Macroregion*. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural State University of Economics, 2014. 179 p. (In Russ.)

2. Alkhimovich I. N., Amirova N. R., Burdenko E. V., et al. *Green Economy in the Paradigm of Sustainable Development*. Moscow: Infra-M, 2023. 248 p. DOI: 10.12737/1898399. (In Russ.)

3. Shishkina E. A., Kvon G. M. Investment and strategic directions and priorities of socio-economic development of the macroregion. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2024; 23 (12): 2399–2409. DOI: 10.24891/ea.23.12.2399. (In Russ.)

4. Dvoryadkina E. B., Travnikova D. A. Analysis of the sustainable development trends of the regional socio-economic system: a healthcare case. *Human Sciences: Humanitarian Studies*. 2023; 17 (1): 210–219. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.1.22. (In Russ.)

5. Animitsa E. G., Silin Ya. P., Sbrodova N. V. *Theories of regional and local development: textbook*. Ekaterinburg: Publishing House of the Ural State Economy. University, 2015. 151 p. (In Russ.)

6. Rodionova I. A., Balakhonov M. A., Vasilyeva O. A., Toropova V. V. Assessment and directions of increasing the investment attractiveness of agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (3): 430–439. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-430-439. (In Russ.)

7. Serebryakova T. Yu., Zhuravlev E. V. Methodology for assessing the innovative development of regional agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (12): 1748–1762. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1748-1762. (In Russ.)

8. Krasilnikova L. E., Russhchitskaya O. A., Balandin D. A., Kruzhkova T. I. Sectoral development of rural territorial systems in Russia in conditions of modern economic uncertainty. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (3): 404–416. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-404-416. (In Russ.)

9. Arslanov S. D. Investment development of regions: issues of strategic planning. *Regional problems of economic transformation*. 2023; 2 (148): 22–27. DOI: 10.26726/1812-7096-2023-2-22-27. (In Russ.)

10. Zhikharevich B. S., Risks and threats in strategies of Russian regions. *Regional Economics. The South of Russia*. 2020; 8 (4): 19–29. (In Russ.)

11. Dvoryadkina E. B., Kvon G. M., Pozdeeva O. G. Assessment of the resilience of the agricultural sector of the Ural macroregion. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1514–1525. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1514-1525. (In Russ.)

12. Klimanov V. V., Kazakova S. M., Mikhaylova A. A. Retrospective analysis of the resilience of Russian regions as socio-economic systems. *Voprosy Ekonomiki*. 2019; 5: 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64. (In Russ.)

13. Kriulina E. N., Oganyan L. R., Katkov K. A. Index approach to comparative assessment of agricultural sustainability of the subject of the Federal district. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (09): 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-119-129. (In Russ.)

14. Kuznetsova O. V. Transformation of the spatial structure of the economy in crisis and post-crisis periods. *Region: Economics and Sociology*. 2022; 2(114): 33– 57. DOI: 10.15372/REG20220202. (In Russ.)
15. Burkovsky P. V. Increasing the level of regional support for the agro-industrial complex in the Krasnodar Territory. *Agro-Industrial Complex: Economics, Management*. 2023; 8: 34–44. DOI: 10.33305/238-34. (In Russ.)
16. Domnina I. N. Spatial organization of the economy under conditions structural adaptation. *Economics: Yesterday, Today, Tomorrow*. 2023; 13 (3-1): 413–423. DOI: 10.34670/AR.2023.48.50.099. (In Russ.)
17. Buchwald E. M., Ivanov O. B. Strategizing in the conditions of uncertainty: goals and tools. *STAGE: Economic theory, analysis, practice*. 2023; 1: 7–26. DOI: 10.24412/2071-6435-2023-1-7-26. (In Russ.)

Authors' information:

Elena B. Dvoryadkina, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of regional, municipal economics and management, director of the Institute of Economics and Finance, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967. *E-mail: dvoryadkina@usue.ru*

Gulnara M. Kvon, doctor of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of regional, municipal economics and management, Ural State University of Economics Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2093-8699, AuthorID 340954. *E-mail: sung2002@mail.ru*

Elena A. Shishkina, doctor of economic sciences, associate professor, professor of the department of regional, municipal economics and management, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-1280-3105, AuthorID 230534. *E-mail: le_gre@mail.ru*

Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях санкционного давления

И. А. Родионова, Е. В. Бородастова✉

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

✉E-mail: borek23@mail.ru

Аннотация. Обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства России является одной из первоочередных мер противостояния жесткому санкционному давлению со стороны недружественных стран. В статье проведен анализ современного состояния отрасли в условиях ограничительных мер, выявлены направления устойчивого развития сельского хозяйства. **Целью** статьи является оценка устойчивого развития сельского хозяйства в условиях санкционного давления. **Методы.** В процессе исследования проблемы применялся комплекс общенаучных методов: статистического наблюдения, логический, монографический, сравнения, графический, а также всеобщие методы теоретического познания. Эмпирической базой исследования послужили данные Федеральной службы государственной статистики, материалы и публикации отечественных и зарубежных ученых. **Научная новизна** исследования заключается в оценке влияния введенных мер санкционного давления на устойчивое развитие отечественного сельского хозяйства, рассмотрены основные аспекты оценки устойчивости эффективного производства в сложных внешних и внутренних геополитических условиях. **Результаты.** В статье проведен анализ современного состояния развития сельского хозяйства. Выявлены возможности обеспечения стабильной экономической и физической доступности продовольствия в необходимом объеме на фоне различных внешних и внутренних угроз. Определены количественные и качественные факторы роста, обеспечивающие его устойчивое развитие, а также проблемы, препятствующие сохранению стабильности отрасли. Сделан вывод, что в настоящее время сельское хозяйство России сохраняет тренд устойчивого развития. Однако возможности количественного роста объемов производства в отрасли сокращаются, что во многом обусловлено изменением климатических условий. Поэтому основное внимание должно быть уделено развитию качественных параметров роста, прежде всего отечественной селекции и семеноводству, цифровой трансформации отрасли, использованию передовых методов управления, повышению компетенций кадров.

Ключевые слова: устойчивое развитие, сельское хозяйство, санкции, государственная поддержка, качественный рост, сельскохозяйственная продукция, климатические условия, конкурентоспособность

Для цитирования: Родионова И. А., Бородастова Е. В. Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях санкционного давления // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1279–1288. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1279-1288>.

Дата поступления статьи: 21.01.2025, **дата рецензирования:** 27.03.2025, **дата принятия:** 02.04.2025.

Sustainable development of agriculture in the context of sanctions pressure

I. A. Rodionova, E. V. Borodastova✉

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

✉E-mail: borek23@mail.ru

Abstract. Ensuring the sustainable development of Russia's agriculture is one of the primary measures to counter the harsh sanctions pressure from unfriendly countries. The article analyzes the current state of the industry in the context of restrictive measures, identifies the directions of sustainable development of agriculture. **The purpose** of the article is to assess the sustainable development of agriculture under the conditions of sanctions pressure. **Methods.** In the process of studying the problem, a set of general scientific methods was used: statistical observation, logical, monographic, comparison, graphic, as well as universal methods of theoretical knowledge. The empirical basis of the study was the data of the Federal State Statistics Service, materials and publications of domestic and foreign scientists. **The scientific novelty** of the study is to assess the impact of the imposed sanctions pressure measures on the sustainable development of domestic agriculture, the main aspects of assessing the sustainability of efficient production in difficult external and internal geopolitical conditions are considered. **Results.** The article analyzes the current state of agricultural development. The possibilities of ensuring, against the background of various external and internal threats, stable economic and physical availability of food in the required volume have been identified. The quantitative and qualitative growth factors that ensure its sustainable development, as well as problems that hinder the stability of the industry, have been identified. It is concluded that at present the Russian agriculture maintains the trend of sustainable development. However, the opportunities for quantitative growth of production volumes in the industry are decreasing, which is largely due to changing climatic conditions. Therefore, the main attention should be paid to the development of qualitative growth parameters, first of all, domestic breeding and seed production, the digital transformation of the industry, the use of advanced management methods, and the improvement of personnel competencies.

Keywords: sustainable development, agriculture, sanctions, government support, qualitative growth, agricultural products, climatic conditions, competitiveness

For citation: Rodionova I. A., Borodastova E. V. Sustainable development of agriculture in the context of sanctions pressure. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1279–1288. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1279-1288>. (In Russ.)

Date of paper submission: 21.01.2025, **date of review:** 27.03.2025, **date of acceptance:** 02.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Современное сельское хозяйство вынуждено быстро реагировать на изменения, происходящие в экономике. Высокое санкционное давление, начавшееся в 2022 году, наложило на сельское хозяйство страны определенные экономические ограничения, обусловленные политическими мотивами. Испытывая различные по характеру и интенсивности виды негативного воздействия, нарушающие рациональное функционирование производственно-сбытовых цепочек, сельское хозяйство постепенно трансформируется в направлении инновационного развития, основой которого является обеспечение экономической устойчивости.

В условиях нестабильности социально-экономических процессов устойчивость развития сельского хозяйства становится основным критерием эффективности. Понятие «устойчивость» рассматривается различными науками для обозначения

систем, способных сохранять свою структуру и положение под воздействием экзогенных и эндогенных параметров внешней среды [1]. Применительно к экономическим проблемам вопросы устойчивости широко рассматривались учеными как на макроуровне, при изучении проблем рыночного равновесия (А. Вальд, Л. Вальрас, Дж. Р. Хикс), так и на микроуровне при рассмотрении экономической устойчивости предприятий (Г. И. Ибрагимов [7], Ю. А. Китаев [10], А. С. Петренко [16]).

Проблема устойчивого развития актуализировалась в конце XX века в связи с обострением экологической ситуации. Как отмечает Ю. В. Горбунов, «Диспропорции в макроэкономических показателях, вызванные несоблюдением необходимых соотношений между производством, потреблением и накоплением материальных благ, приводит к экономическим кризисам» [4]. Экономические кризисы сопровождаются нарушением социально-экологи-

ческого баланса, что требует восстановления необходимых соотношений макроэкономических показателей и возвращения системы к устойчивому положению. Все эти процессы характерны и для сельского хозяйства.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проблемы опиралось на комплекс общенаучных методов: логистического и статистического наблюдения, сравнения, индукции и дедукции, а также на всеобщие методы теоретического познания. В основу исследования включены труды зарубежных и отечественных ученых, посвященные теоретическим и практическим аспектам устойчивого развития сельского хозяйства, информация из открытых источников о применяемых мерах санкционного давления, официальные статистические данные и документы государственных и целевых программ развития сельского хозяйства Российской Федерации.

Результаты (Results)

Важно понимать, что в рамках концепции устойчивого развития понятия «рост» и «развитие» не отождествляются. Основной целью развития экономических систем на протяжении длительного периода времени считался ее количественный рост, достигаемый за счет более полного использования природных ресурсов. Устойчивое развитие, в отличие от роста, предполагает качественное преобразование экономической системы, основанное на повышении эффективности производства за счет

использования фиксированного количества ресурсов или их уменьшения.

В этой связи устойчивость агропромышленного комплекса определяется его возможностями обеспечивать на фоне различных внешних и внутренних угроз стабильную экономическую и физическую доступность продовольствия в необходимом объеме [3]. При этом необходимо учитывать экологические факторы, снижающие негативное воздействие на окружающую среду за счет рационального использования природно-ресурсного потенциала сельского хозяйства и решения проблем социально-экономического характера.

Обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в настоящее время осложняется ограничительными мерами, введенными недружественными странами в отношении экономики нашей страны.

Россия многократно подвергалась со стороны западных стран различного рода санкциям, а с 2022 года их было введено беспрецедентное количество. Первоначально рестриктивные меры носили точечный характер и были направлены против отдельных лиц, но в дальнейшем они распространились на целые отрасли экономики, создавая серьезные препятствия для их развития. Как отмечают А. Н. Мельник, А. Р. Садриев и др., США за всю историю подвергли санкционному давлению более 20 государств, и в большинстве случаев ограничительные меры негативным образом отразились на развитии национальных экономик этих стран [14].

Таблица 1
Динамика производства основных видов сельскохозяйственной продукции по Российской Федерации

Показатель	Годы									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Зерно в весе после доработки, млн т	105,2	104,7	120,7	135,5	113,3	121,2	133,5	121,4	157,6	145,0
Сахарная свекла (фабричная), млн т	33,5	39,0	51,3	51,9	42,1	54,4	33,9	41,2	48,9	53,1
Семена подсолнечника, млн т	12,9	13,9	16,3	16,5	16,5	16,1	16,3	15,7	16,4	17,3
Картофель, млн т	24,3	25,4	22,5	21,7	22,4	22,1	19,6	18,0	18,8	20,2
Овощи, млн т	12,8	13,2	13,2	13,6	13,7	14,1	13,9	13,0	13,6	13,8
Мясо (в убойном весе), млн т	9,0	9,5	9,9	10,3	10,6	10,9	11,2	11,3	11,7	11,9
Молоко, млн т	30,0	29,9	29,8	30,2	30,6	31,4	32,2	32,3	33,0	33,8
Яйца, млрд шт.	41,7	42,5	43,5	44,8	44,9	44,9	44,9	44,9	46,1	46,7

Источник: составлено авторами.

Table 1
Dynamics of production of the main types of agricultural products in the Russian Federation

Indicator	Years									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Grain weight after refinement, million tons	105.2	104.7	120.7	135.5	113.3	121.2	133.5	121.4	157.6	145.0
Sugar beet (factory-made), million tons	33.5	39.0	51.3	51.9	42.1	54.4	33.9	41.2	48.9	53.1
Sunflower seeds, million tons	12.9	13.9	16.3	16.5	16.5	16.1	16.3	15.7	16.4	17.3
Potato, million tons	24.3	25.4	22.5	21.7	22.4	22.1	19.6	18.0	18.8	20.2
Vegetables, million tons	12.8	13.2	13.2	13.6	13.7	14.1	13.9	13.0	13.6	13.8
Meat (in slaughter weight), million tons	9.0	9.5	9.9	10.3	10.6	10.9	11.2	11.3	11.7	11.9
Milk, million tons	30.0	29.9	29.8	30.2	30.6	31.4	32.2	32.3	33.0	33.8
Eggs, billion pcs.	41.7	42.5	43.5	44.8	44.9	44.9	44.9	44.9	46.1	46.7

Source: compiled by the authors.

Необходимо констатировать, что разработанный Правительством План первоочередных действий по обеспечению развития российской экономики в условиях внешнего санкционного давления [17], а также реализация программы импортозамещения позволили сохранить тренд устойчивого экономического развития сельского хозяйства в России. Приведенные в таблице 1 данные позволяют подтвердить вышесказанное.

Только за период 2014–2023 годов в растениеводстве объемы производства зерна увеличились на 37,8 %, или на 39,8 млн т, сахарной свеклы – на 25,8 %, овощей – на 7,8 %. В 2024 году на урожайность сельскохозяйственных культур серьезное влияние оказали погодные факторы, что несколько замедлило динамику роста объемов производства. В отрасли животноводства наблюдается аналогичная тенденция. Производство мяса в убойном весе возросло на 32,2 %, или на 2,9 млн т, молока – на 12,7 %, или на 3,8 млн т, яиц – на 12,0 %, или на 5,0 млрд шт. И если в 2023 году Минэкономразвития в прогнозе социально-экономического развития предусматривало снижение на 3,4 % производства сельскохозяйственной продукции, то в 2024–2025 годах ожидается рост производства на 2,3 % и 1,5 % соответственно. Производство сельскохозяйственной продукции на протяжении всего анализируемого периода сохраняло устойчивые темпы роста, в то время как динамика инвестиций имела циклический характер развития. С 2022 года сельское хозяйство России испытывает сильнеешие воздействия со стороны недружественных стран, существенно снижающих его конкурентоспособность [21].

Проведенный ретроспективный анализ показал, что основное влияние на рост производства в сельском хозяйстве оказали качественные параметры. Увеличение валового сбора сельскохозяйственных культур происходило в основном за счет роста урожайности на фоне длительного снижения посевных площадей. Так, если в 1991–1995 годах посевная площадь зерновых и зернобобовых в России составляла в среднем 54 705 тыс. га, то в 2001–2005 го-

дах она достигла своего минимального значения 44 888 тыс. га. В последующий период посевные площади увеличивались и в 2023 году составили 47 884 тыс. га. Схожая ситуация прослеживается и по другим сельскохозяйственным культурам.

В животноводстве наиболее сложная ситуация наблюдается в скотоводстве. поголовье коров за исследуемый период снизилось более чем в 2,5 раза. В 2023 году численность коров в России составила 7,6 млн голов (рис. 1). Это самые низкие показатели в России с 1915 года (11,3 млн голов). В 80-х XX века в стране насчитывалось 22,2 млн голов, а в 1991 году, с началом рыночных реформ, поголовье сократилось до 20,6 млн голов. В дальнейшем ситуация только усугублялась.

Урожайность зерновых культур в Российской Федерации за период 1976–2022 годов выросла почти в два раза. Интенсивный рост урожайности зерновых культур начался в начале 50-х годов XX века. Этому способствовал переход сельского хозяйства к технологической трансформации, что выразилось в ежегодном экспоненциальном приросте урожайности зерновых культур на 2,45 % [20].

В таблице 2 представлены сведения о динамике средней урожайности зерновых культур и продуктивности скота и птицы в Российской Федерации за исследуемый период.

В то же время необходимо отметить, что с начала 2000-х годов прирост урожайности сельскохозяйственных культур замедлился. Основной причиной исследователи называют ухудшение условий влагообеспеченности растений. Экономическая эффективность производства в сельском хозяйстве напрямую зависит от природно-климатических условий [22]. По данным экспертной оценки, за счет изменения климата к 2050 году в мире произойдет снижение урожайности зерна на 12–15 %. Как отмечают Н. В. Степных, Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян, прогнозируемые негативные последствия изменения климата в различных регионах приведут к снижению на 60,0 % урожайности кукурузы, на 50,0 % сорго, на 35,0 % риса и на 20,0 % пшеницы [27].

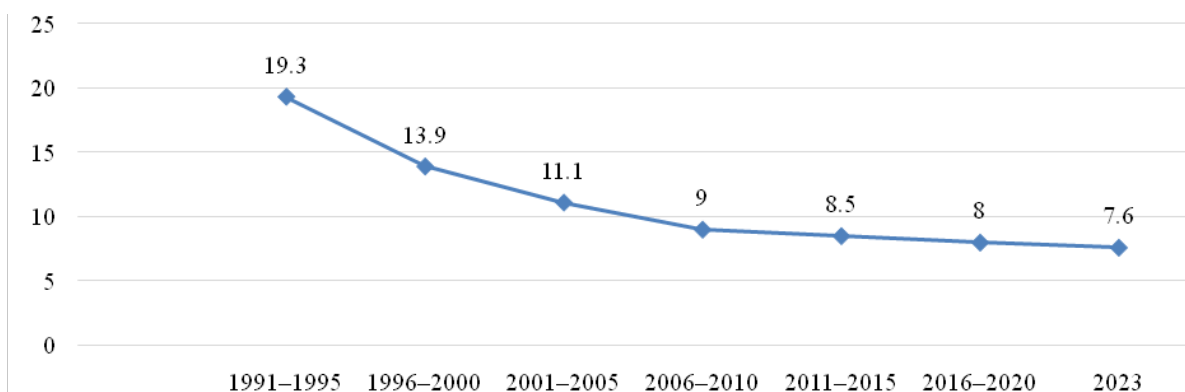


Рис. 1. Динамика поголовья крупного рогатого скота в России, млн т

Источник: составлено авторами

Fig. 1. Dynamics of the number of cattle in Russia, million tons

Source: compiled by the authors

Таблица 2

Динамика средней урожайности зерновых культур и продуктивности скота и птицы в Российской Федерации

В среднем за год	Урожайность зерновых культур	Надой молока на 1 корову	Средняя яйценоскость 1 курицы-несушки, штук
1976–1980	13,8	2255	207
1981–1985	13,0	2246	215
1986–1990	16,5	2660	237
1991–1995	15,7	2308	221
1996–2000	15,1	2340	241
2001–2005	18,8	2922	286
2006–2010	20,7	3593	304
2011–2015	22,1	3959	307
2016–2020	27,2	4512	309
2022	26,7	5194	314

Источник: составлено авторами.

Table 2

Dynamics of average grain yield and productivity of livestock and poultry in the Russian Federation

On average for the year	Grain yields	Milk per 1 cow	Average egg production of 1 laying hen, pieces
1976–1980	13.8	2255	207
1981–1985	13.0	2246	215
1986–1990	16.5	2660	237
1991–1995	15.7	2308	221
1996–2000	15.1	2340	241
2001–2005	18.8	2922	286
2006–2010	20.7	3593	304
2011–2015	22.1	3959	307
2016–2020	27.2	4512	309
2022	26.7	5194	314

Source: compiled by the authors.

Проблема климатических изменений актуальна для специалистов разного профиля, включая аграриев и биологов, так как возникает потенциальная угроза снижения урожайности сельскохозяйственных культур в общемировом масштабе. При этом ученые не пришли к единому мнению о причинах возникновения таких изменений. Часть ученых, таких как У. Нордхаус и П. Ромер, С. Манабэ, в качестве основной причины называют антропогенное влияние. Другие ученые, среди которых В. А. Лобковский, О. В. Андреев, считают данное явление очередным витком естественного колебания климата [13].

В этой связи вызывает интерес опыт новосибирских ученых В. М. Ефимова, Д. В. Речкина, которые, исследуя проблемы глобального потепления, провели многомерный анализ многолетних климатических данных в связи с урожайностью, скоростью сельскохозяйственных культур [6]. Общий вывод, к которому пришли ученые, состоит в том, что климат в Европе по неустановленным в настоящее время причинам подвержен многовековым колебаниям и резко переходит из одного режима в другой. А резкие климатические изменения настоящего периода являются переходом из одного климатического режима в другой, более теплый.

В то же время без системных мероприятий предотвратить разрушительные последствия из-

менения климата и обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства невозможно. В настоящее время в России действует Национальный план мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года [18], в котором разработан комплекс показателей достижения целей адаптации и анализа эффективности адаптационных мер, применяемый на федеральном, отраслевом и региональном уровнях, а также План мероприятий по организационному, нормативно-правовому, научно-методическому и информационному обеспечению реализации национального плана.

В качестве превентивных мер по повышению адаптивности агробиоценозов предлагается использовать инновационные решения, среди которых применение высокопродуктивных засухоустойчивых сортов; использование жидких удобрений, более доступных для растений по сравнению с твердыми; оптимизация доз системы защиты растений; повышение эффективности водопользования и переориентация сортов нового поколения для обеспечения буфера против растущей непредсказуемости.

Сельское хозяйство является экспортноориентированной отраслью. После введения в 2022 году санкций против Российской Федерации сельскохозяйственные товаропроизводители оказались в состоянии неопределенности по вопросу реализации

продукции на внешних рынках. И если проблема реализации продовольствия более или менее решена за счет диверсификации каналов сбыта, то проблема технологического импорта остается наиболее острой.

Как уже было отмечено, первостепенное значение в обеспечении повышения урожайности и экономической устойчивости отводится качественным параметрам, прежде всего селекции и семеноводству. Так, в Великобритании селекция и семеноводство в XX веке на 50,0 % обеспечили прирост урожайности пшеницы. По данным Минсельхоза России, за счет селекционных достижений прирост урожайности зерновых культур составил от 30 до 70,0 %.

Между тем сельское хозяйство России сильно зависит от импорта важнейших ресурсов, прежде всего семенного материала и средств защиты растений. Ситуация осложняется тем, что семенной материал практически весь ввозится из стран ЕС. Так, импорт семян сахарной свеклы составляет 97,0 %, рапса озимого – 89,0 %, подсолнечника – 73,0 %, средств защиты растений – 41,0 %.

Роль отечественных селекции и семеноводства в ближайшей перспективе будет увеличиваться вследствие усиления санкционного давления. Подтверждением тому служат данные обеспеченности товаропроизводителей России семенами отечественной селекции. В 2022 году по сое обеспеченность составила 46,0 %, овощам и кукурузе – 43,0 %, рапсу – 31,0 %, подсолнечнику – 22,0 %. Правительством России поставлена жесткая задача сократить зависимость от иностранной селекции к 2030 году [23].

Аналогичные тенденции наблюдаются и в животноводстве. Средний надой молока на 1 корову в 1976–1980 годах составлял 2255 кг, а яйценоскость кур – 207 шт., к концу 2022 года данные показатели составили соответственно 5194 кг и 314 шт. Так, развитие скотоводства в целом направлено на получение максимальной прибыли при производстве качественных и экологически безопасных продуктов питания, а селекционная работа направлена на производство наиболее ценных животных для конкретных условий [11]. Высокий генетический потенциал сельскохозяйственных животных в сочетании с эффективным использованием генетических ресурсов создают основу роста рентабельности производства.

В то же самое время животноводство в России находится в сильной зависимости от импорта. Как отмечает Е. Е. Кабанова, если ситуацию в скотоводстве и свиноводстве условно можно считать удовлетворительной, то птицеводство находится в критическом положении, так как практически полностью обеспечивается как с племенной, так и с технологической точек зрения за счет импорта [8]. То есть существуют реальные угрозы устойчивости сельского хозяйства на ближайшую перспективу.

Мировой опыт показывает, что санкционное давление в большинстве случаев оказывает негативное влияние на развитие национальных эконо-

мик. Так, например, полный запрет на торговые взаимоотношения с КНДР привел к мировой изоляции страны и предопределил длительный период рецессии и ее технологическое отставание.

Исключительным случаем можно считать опыт Китая по преодолению ограничительных мер. Правильно разработанная стратегия позволила стране выйти из кризиса с минимальными потерями. Основное усилие Китай сделал на улучшение взаимоотношений с соседними странами, поиск доступа к секретным технологиям западных компаний; стимулирование миграции населения в специальные экономические зоны, в которых производится сборка продукции крупнейших мировых компаний; развитие животноводства [14].

Одним из приоритетных направлений роста экономической устойчивости сельского хозяйства является повышение доходности. В целом по Российской Федерации доля убыточных организаций по виду экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в 2022 году составила 24,7 %, что ниже, чем в 2015 году, на 10,5 процентных пункта. Сельскохозяйственные организации показывают достаточный уровень экономической устойчивости.

Как отмечают А. Н. Семин и О. А. Рущицкая, «Вопреки ожиданиям, финансово-экономические показатели развития субъектов хозяйствования демонстрируют положительную динамику. К основным факторам, способствующим сохранению устойчивого развития сельского хозяйства, можно отнести благоприятную ценовую конъюнктуру и увеличение государственной поддержки, в том числе субсидий» [24].

Устойчивость развития в сельском хозяйстве во многом сохраняется за счет положительной динамики экономического роста и появления новых производств в результате реализации политики импортозамещения [9].

Подтверждением сказанному является тот факт, что материально-техническое обеспечение отрасли не ухудшилось, несмотря на рост цен и нарушение логистических цепочек поставки сельскохозяйственной техники, машин и оборудования. В национальном докладе о ходе и результатах реализации в 2023 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [19] отмечается, что в 2023 году по сравнению с 2022 годом было приобретено на 7,6 % больше тракторов (13 980 ед.). Снижение темпов приобретения отмечается по зерно- и кормоуборочным комбайнам на 12,1 % (650 ед.) и 3,9 % (23 ед.) соответственно. Среди причин названы следующие: уход с рынка РФ основных брендов сельскохозяйственного машиностроения (John Deere, New Holland и др.), импортозависимость отрасли по отдельным видам

сельскохозяйственных машин и оборудования (свеклоуборочные комбайны, свеклопогрузчики).

Существенному обновлению техники способствовали региональные программы и программы льготного лизинга АО «Росагролизинг». На условиях лизинга в 2023 году было поставлено 15 089 ед. автомобильной и сельскохозяйственной техники, что 2,1 раза больше, чем в 2019 году.

Одним из критериев устойчивости может служить показатель производительности труда. В целом по экономике России производительность труда продолжает сокращаться. По данным официальной статистики, в 2022 году показатель производительности труда в стране снизился на 3,6 %, продемонстрировав максимальное падение с 2009 года [26]. Среди основных причин эксперты выделяют сокращение ВВП в сочетании со снижением уровня безработицы, а также прекращение деятельности наиболее производительных западных компаний в экономике страны.

Сельское хозяйство остается одной из немногих отраслей, где зафиксирован рост производительности труда. Но темпы его роста незначительны и не способны обеспечить технико-технологический прорыв. Проблема низких темпов роста производительности труда характерна для многих стран мира. Это вызвано как общими факторами, такими как старение населения, механизм управления на уровне государства, внедрение информационных технологий, так и специфическими, обусловленными экономическими особенностями стран и отраслей. Так, согласно рейтингу стран по производительности труда на один рабочий час в международном долларовом эквиваленте, Россия занимает 45 место, уступая многим европейским странам. Для сравнения: производительность труда в сельском хозяйстве России в 8,5 раза меньше, чем в США [25].

Повышение производительности труда может быть достигнуто прежде всего за счет внедрения современных технологий и методов управления производством. Одним из передовых направлений снижения затрат труда на производство продукции является цифровая трансформация аграрного производства. В сельском хозяйстве темпы внедрения цифровых технологий и платформенных решений остаются низкими. Ведущие мировые сельскохозяйственные компании используют цифровые решения практически во всей цепочке создания продукта. В России, по оценкам экспертов, из 100 крупнейших отечественных агрохозяйств только 30 % компаний имеют цифровую базу [2].

Цифровизация сельского хозяйства должна осуществляться параллельно с бережливым производством. Как отмечает В. Трухачев, бережливое производство в сельском хозяйстве осуществляется на основе научно обоснованного планирования, стандартизации (нормирования) материальных и биологических затрат и организации их учета по системе «Стандарт-кост» [28]. Это позволит обеспечить

устойчивое развитие и эффективность всех стадий процесса аграрного производства.

Сельское хозяйство относится к числу отраслей с высоким потенциалом для цифровизации, но медленным переходом к массовым трансформациям. Среди цифровых направлений трансформации агроэкономики наиболее полно принципам устойчивого сельского хозяйства соответствует точное земледелие, быстрому распространению которого способствовало развитие инновационных технологий (дистанционного управления процессами, беспроводной связи, сенсорных и геоинформационных технологий). Точное земледелие решает проблему рационального использования природных ресурсов, способствует сокращению экологического вреда и оптимизации бизнес-процессов в сельском хозяйстве.

Согласно информационному бюллетеню и отчету Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ, в 2023 году уровень инновационной активности сельскохозяйственных организаций России составил 8,0 %, что в 1,9 раза выше, чем в 2019 году. Однако это ниже среднего уровня в целом по экономике страны и отдельных ее отраслей. Так, инновационная активность в промышленности достигла 15,6 %, а сферы услуг – 9,9 %. Сельскохозяйственные организации занимаются в основном освоением продуктовых (65,9 %) и процессных (64,0 %) инноваций [25]. В настоящее время уровень цифровой активности растениеводства составляет 7,1 %, животноводства – 7,5 %, а смешанного сельского хозяйства – всего 2,5 % [5]. Этого недостаточно для повышения устойчивого развития отрасли.

Еще одной причиной, препятствующей росту производительности труда, является низкий уровень управленческих и технологических компетенций руководителей предприятия, необходимых для качественного скачка и технологического прорыва. Особенно остро проблема стоит в регионах и у отдельных товаропроизводителей, приступивших к технико-технологической модернизации аграрного производства, в особенности на основе высокопроизводительной и компьютеризированной техники [15].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Резюмируя вышеизложенное, необходимо отметить, что устойчивое развитие сельского хозяйства основано на преодолении санкционных ограничений за счет формирования современного конкурентоспособного аграрного производства, модернизированного на инновационной основе. Решение проблемы выхода сельского хозяйства на траекторию устойчивого развития видится в разработке эффективных государственных программ поддержки аграрных инноваций и их практической реализации на федеральном и региональном уровнях. Повышению устойчивости способствует рост инвестиций, однако это возможно только при условии политической и экономической стабильности в экономике.

Библиографический список

1. Алексеев М. А., Серга Л. К., Фрейдина Е. В. Управление социально-экономическими системами в контексте парадигмы «Устойчивое развитие» // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2022. № 1. С. 12–24.
2. Бобрышева Н. В. Развитие агропромышленного комплекса в условиях цифровизации // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К. И. Скрябина. 2022. № 2 (61). С. 175–180. DOI: 10.35106/g0668-6957-7955-j.
3. Богданов А. В., Брызгалина М. А., Брызгалин Т. В. [и др.]. Актуальные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Саратов: Саратовский источник, 2023. 210 с.
4. Горбунов Ю. В. Понятие устойчивого развития в экономике и управлении // Вестник университета. 2013. № 12. С. 163–167.
5. Добровлянин В. Д., Антинескул Е. А. Цифровизация сельского хозяйства: текущий уровень цифровизации в Российской Федерации и перспективы дальнейшего развития // Цифровые модели и решения. 2022. Т. 1, № 2. DOI: 10.29141/2782-4934-2022-1-2-5.
6. Ефимов В. М., Речкин Д. В., Гончаров Н. П. Многомерный анализ многолетних климатических данных в связи с урожайностью, скороспелостью и проблемой глобального потепления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024. Т. 28, № 2. С. 155–165. DOI: 10.18699/vjgb-24-18.
7. Ибрагимова Г. И. Резервы повышения экономической устойчивости предприятия // Электронный научный журнал. 2020. № 6 (35). С. 77–80.
8. Кабанова Е. Е. Перспективы российского сельскохозяйственного комплекса в условиях санкций // Экономическое развитие России. 2023. Т. 30, № 4. С. 44–52.
9. Кирсанов В. В. Агропродовольственный комплекс России в условиях санкций: тенденции и перспективы // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2023. № 2. С. 13–20.
10. Китаев Ю. А., Гончаренко О. В., Кравченко Д. П., Решетняк Л. А. Оценка экономической устойчивости хозяйствующих субъектов. Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, 2022. 117 с.
11. Косяченко Н. М., Абрамова М. В., Зырянова С. В. Селекционная и экономическая оценка эффективности межлинейных кроссов в селекции крупного рогатого скота // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 3 (47). С. 22–26. DOI: 10.36508/RSATU.2020.18.81.004.
12. Кравченко Д. П., Акупиан О. С. Стимулирование инновационной активности в аграрном секторе России // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 3 (35). С. 192–201.
13. Лобковский В. А., Андреева О. В., Куст Г. С. Интеграция международной и национальной систем мониторинга и оценки деградации земель в России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86, № 1. С. 9–27. DOI: 10.31857/S2587556622010095.
14. Мельник А. Н., Садриев А. Р., Лукишина Л. В., Маъруфи М. Санкционное давление: направления трансформации процессов управления инновационным развитием российской экономики. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2018. 240 с.
15. Мокроносов А. Г., Потапова Е. В., Смирных С. Н. Условия и факторы роста производительности труда в аграрном секторе Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 6 (185). С. 71–86. DOI: 10.32417/article_5d47f816694f47.02688359.
16. Петренко А. С., Костенко Р. В., Варич Е. А. Экономическая устойчивость предприятия в условиях нестабильности // Финансовая экономика. 2023. № 3. С. 45–50.
17. План первоочередных действий по обеспечению развития российской экономики в условиях внешнего санкционного давления [Электронный ресурс]. URL: chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglcfeindmkaj/https://www.tks.ru/files/other/plan_pervoocherednych_deistvi_snkzii.pdf?ysclid=m66erx2dop462610351 (дата обращения: 09.01.2025).
18. Распоряжение Правительства РФ от 11.03.2023 №559-р «Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/law/hotdocs/79513.html (дата обращения: 15.01.2025).
19. Распоряжение Правительства РФ от 04.07.2024 №1755-р «Об утверждении национального доклада о ходе и результатах реализации в 2023 году государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=851249] (дата обращения: 15.01.2025).
20. Растянкин В. Г., Дерюгина И. В. Сельское хозяйство: Восток vs Запад. Два технологических способа производства. Москва: Институт востоковедения РАН, 2017. 400 с.

21. Родионова И. А., Болохонов М. А., Васильева О. А., Торопова В. В. Оценка и направления повышения инвестиционной привлекательности сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 3. С. 430–439. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-430-439.
22. Popova K. Climate change and water availability in agriculture // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 274. Article number 012117. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012117.
23. Сайфетдинов А. Р., Бершицкий Ю. И., Сайфетдинова П. В. Проблемы и пути повышения эффективности механизмов распределения доходов от использования отечественных селекционных достижений в растениеводстве // АПК: экономика, управление. 2023. № 11. С. 78–89. DOI: 10.33305/2311-78.
24. Семин А. Н., Рушицкая О. А., Курдюмов А. В., Гусев А. С. Устойчивость развития организаций сельского хозяйства в условиях жестких внешнеэкономических ограничений (санкций) // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 10. С. 1383–1394. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1383-1394.
25. Серков А. Ф., Чекалин В. С. Производительность труда и конкурентоспособность продукции сельского хозяйства в России и в других странах // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2012. № 4. С. 7–9.
26. Сидоров Е. О., Родионова И. А. Актуальные проблемы повышения конкурентоспособности сельского хозяйства в условиях экономических санкций // Финансовый бизнес. 2024. № 4 (250). С. 153–158.
27. Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М. Эффективность производства зерна в условиях изменения климата в Зауралье // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 7. С. 944–956. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956.
28. Трухачев В. И., Джикия М. К. Оценка устойчивости развития сельскохозяйственных организаций // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 11. С. 19–25. DOI: 10.32651/2211-19.

Об авторах

Ирина Анатольевна Родионова, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой «Экономика агропромышленного комплекса», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия; ORCID 0000-0003-0902-4837, AuthorID 645771. E-mail: rodionov56@yandex.ru

Екатерина Владимировна Бородастова, старший преподаватель кафедры «Экономика агропромышленного комплекса», Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия; ORCID 0000-0001-7483-1593, AuthorID 668846. E-mail: borek23@mail.ru

References

1. Alekseev M. A., Serga L. K., Freydina E. V. Control of socio-economic systems in the context of the “sustainable development” paradigm. *BSU Bulletin. Economy and Management*. 2022; 1: 12–24. DOI: 10.18101/2304-4446-2022-1-12-24. (In Russ.)
2. Bobrysheva N. V. Development of the agro-industrial complex in the conditions of digitalization. *Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University*. 2022; 2 (61): 175–180. DOI: 10.35106/g0668-6957-7955-j. (In Russ.)
3. Bogdanov A. V., Bryzgalina M. A., Bryzgalin T. V., et al. Actual directions of scientific and technological development of the agro-industrial complex of Russia. *Saratov: Saratovskiy istochnik*, 2023. 210 p. (In Russ.)
4. Gorbunov Yu. V. The concept of sustainable development in economics and management. *Vestnik Universiteta*. 2013; 12: 163–167. (In Russ.)
5. Dobrovlyanin V. D., Antineskul E. A. Digitalization is developing: the level of digitalization in Russia and the prospects for sustainable development. *Digital Models and Solutions*. 2022; 1 (2). DOI: 10.29141/2782-4934-2022-1-2-5. (In Russ.)
6. Efimov V. M., Rechkin D. V., Goncharov N. P. Multivariate analysis of long-term climate data in connection with yield, earliness and the problem of global warming. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024; 28 (2): 155–165. DOI: 10.18699/vjgb-24-18. (In Russ.)
7. Ibragimova G. I. Reserves for increasing the economic stability of the enterprise. *The Electronic Scientific Journal*. 2020; 6 (35): 77–80. (In Russ.)
8. Kabanova E. E. Prospects of the Russian agricultural complex in the context of sanctions. *Russian Economic Development*. 2023; 30 (4): 44–52. (In Russ.)
9. Kirsanov V. V. Agro-food complex of Russia under sanctions: trends and prospects. *Regional Agrosystems: Economics and Sociology*. 2023; 2: 13–20. (In Russ.)
10. Kitaev Yu. A., Goncharenko O. V., Kravchenko D. P., Reshetnyak L. A. *Assessment of economic stability of economic entities*. Belgorod: Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2022. 117 p. (In Russ.)

11. Kosyachenko N. M., Abramova M. V., Zyryanova S. V. Selection and economic evaluation of the effectiveness of selection methods in cattle breeding. *Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*. 2020; 3 (47): 22–26. DOI: 10.36508/RSATU.2020.18.81.004. (In Russ.)
12. Kravchenko D. P., Akupiyani O. S. Stimulating innovation activity in the agricultural sector of Russia. *Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives*. 2022; 3 (35): 192–201. (In Russ.)
13. Lobkovskiy V. A., Andreeva O. V., Kust G. S. Using national system of land monitoring for assessment of land degradation neutrality in Russia. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2022; 86 (1): 9–27. DOI: 10.31857/S2587556622010095. (In Russ.)
14. Melnik A. N., Sadriev A. R., Lukishina L. V., Marufi M. *Sanctions pressure: directions of transformation of processes of management of innovative development of the Russian economy*. Kazan: Kazan (Volga Region) Federal University, 2018. 240 p. (In Russ.)
15. Mokronosov A. G., Potapova E. V., Smirnykh S. N. Conditions and factors of growth of labour productivity in the agricultural sector of the Sverdlovsk region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019; 6 (185): 71–86. DOI: 10.32417/article_5d47f816694f47.02688359. (In Russ.)
16. Petrenko A. S., Kostenko R. V., Varich E. A. Economic stability of an enterprise in conditions of instability. *Financial Economics*. 2023; 3: 45–50. (In Russ.)
17. The plan of priority actions to ensure the development of the Russian economy in the conditions of external sanctions pressure [Internet]. 2022 [cited 2025 Jan 09]. Available from: https://www.tks.ru/files/other/plan_pervoocherednykh_deistvi_snkzii.pdf?ysclid=m66erx2dop462610351. (In Russ.)
18. Decree of the Government of the Russian Federation dated 03/11/2023 No. 559-r “On approval of the national action plan for the second stage of Adaptation to Changes climate change for the period up to 2025” [Internet]. 2023 [cited 2025 Jan 15]. Available from: <https://www.consultant.ru/law/hotdocs/79513.html>. (In Russ.)
19. Decree of the Government of the Russian Federation dated 07/04/2024 No. 1755-r “On approval of the national report on the progress and results of the implementation in 2023 of the State program for the development of agriculture and regulation of agricultural products, raw materials and food markets” [Internet]. 2024 [cited 2025 Jan 15]. Available from: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=851249>. (In Russ.)
20. Rastyannikov V. G., Deryugina I. V. *Agriculture: East vs West. Two technological methods of production*. Moscow: IOS RAS, 2017. 400 p. (In Russ.)
21. Rodionova I. A., Bolokhonov M. A., Vasilyeva O. A., Toropova V. V. Assessment and directions of increasing the investment attractiveness of agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (3): 430–439. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-03-430-439. (In Russ.)
22. Popova K. Climate change and water availability in agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 274: 012117. DOI: 10.1088/1755-1315/274/1/012117.
23. Sayfetdinov A. R., Bershitsky Yu. I., Sayfetdinova P. V. Problems and ways to improve the efficiency of income distribution mechanisms from the use of domestic breeding achievements in crop production. *AIC: Economics, Management*. 2023; 11: 78–89. DOI: 10.33305/2311-78. (In Russ.)
24. Semin A. N., Ruschitskaya O. A., Kurdyumov A. V., Gusev A. S. Sustainability of development of agricultural organizations in conditions of severe foreign economic restrictions (sanctions). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (10): 1383–1394. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1383-1394. (In Russ.)
25. Serkov A. F., Chekalin V. S. Working efficiency and competitive ability of agricultural products in and outside Russia. *Economics of Agricultural and Processing Enterprises*. 2012; 4: 7–9. (In Russ.)
26. Sidorov E. O., Rodionova I. A. Current problems of increasing the competitiveness of agriculture under economic sanctions. *Financial Business*. 2024; 4 (250): 153–158. (In Russ.)
27. Stepanykh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M. Grain production efficiency in the conditions of climate change in the Trans-Urals. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (7): 944–956. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-944-956. (In Russ.)
28. Trukhachev V. I., Dzhikiia M. K. Assessment of the sustainability of the agricultural organization’s development. *Economics of Agriculture of Russia*. 2022; 11: 19–25. DOI: 10.32651/2211-19. (In Russ.)

Authors’ information:

Irina A. Rodionova, doctor of economics sciences, professor, head of the department of economics of the agro-industrial complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia; ORCID 0000-0003-0902-4837, AuthorID 645771. *E-mail: rodionov56@yandex.ru*

Ekaterina V. Borodastova, senior lecturer of the department of economics of the agro-industrial complex, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia; ORCID 0000-0001-7483-1593, AuthorID 668846. *E-mail: borek23@mail.ru*

Человеческий капитал сельскохозяйственной организации сквозь призму ЭКГ-рейтинга

Т. Е. Татаровская

Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия

E-mail: tatarovskaya.tatyana@gmail.com

Аннотация. Проблема развития человеческого капитала на предприятиях сельскохозяйственной отрасли остается актуальной в связи с особенностями ведения такого вида деятельности. Не вызывает сомнений, что от состояния человеческого капитала предприятия агропромышленного комплекса зависят финансовое положение и перспективы развития субъекта. **Целью** исследования является анализ состояния человеческого капитала сельскохозяйственных организаций и мероприятий, проводимых для его развития и поддержания, по данным ЭКГ-рейтинга, и выявление проблемных аспектов и направлений совершенствования системы показателей оценки. В ходе исследования были решены следующие **задачи**: 1) проанализированы проблемные зоны и внутренние факторы, влияющие на состояние и развитие человеческого капитала сельскохозяйственной организации; 2) проанализированы данные лидирующих субъектов крупного, среднего, малого бизнеса, микробизнеса и индивидуальных предпринимателей сектора «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», а также пяти крупнейших агрохолдингов России в ЭКГ-рейтинге; 3) выявлены проблемные аспекты формирования информации в ЭКГ-рейтинге по сельскохозяйственным организациям; 4) предложены рекомендуемые для включения в ЭКГ-рейтинг показатели оценки состояния человеческого капитала организации и вложений субъектов в своих работников. **Методы.** Исследование выполнено с использованием расчетно-аналитического, сравнительного и балльного методов, а также обобщения и группировки. На основе системного и логического научных подходов были сформулированы выводы по результатам проведенного исследования. **Научная новизна** заключается в разработке показателей оценки состояния человеческого капитала организации и вложений субъектов в трудовые ресурсы, рекомендуемых для включения в ЭКГ-рейтинг с целью формирования более полного представления об указанном виде капитала. **Результаты.** В работе проведен анализ данных лидирующих субъектов крупного, среднего, малого бизнеса, микробизнеса и индивидуальных предпринимателей сектора «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» и крупнейших агрохолдингов России в ЭКГ-рейтинге, вследствие чего были выявлены проблемные аспекты данной системы рейтингования, а также предложены показатели, повышающие его информативность.

Ключевые слова: человеческий капитал, сельскохозяйственная организация, ЭКГ-рейтинг, ESG-повестка, кадры, стейкхолдер

Для цитирования: Татаровская Т. Е. Человеческий капитал сельскохозяйственного предприятия сквозь призму ЭКГ-рейтинга // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1289–1300. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1289-1300>.

Дата поступления статьи: 16.11.2024, **дата рецензирования:** 04.03.2025, **дата принятия:** 04.04.2025.

The human capital of the agricultural organization through the ECG rating

T. E. Tatarovskaya

Samara State University of Economics, Samara, Russia

E-mail: tatarovskaya.tatyana@gmail.com

ЭКОНОМИКА

Abstract. The problem of human capital development at agricultural enterprises remains relevant due to the peculiarities this type of activity conducting. There is no doubt that the financial situation and development prospects of the subject depend on the state of the agro-industrial complex enterprise human capital. **The purpose** of the study is to analyze the state of the agricultural organizations human capital and the activities carried out for its development and maintenance, according to the ECG rating and identification of problematic aspects and areas of evaluation system improvement. During the research, the following **tasks** were solved: 1) the problem areas and internal factors affecting the state and development of the agricultural organization human capital were analyzed; 2) the data of the large, medium, small businesses, microbusiness and individual entrepreneurs as leading subjects of the sector “Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming”, as well as the five largest agricultural holdings in Russia in the ECG rating was analyzed; 3) problematic aspects of the information formation in the ECG rating for agricultural organizations were identified; 4) recommended indicators for inclusion in the ECG rating are the assessment of the state of the organization's human capital and the investments of subjects in their employees were proposed. **Methods.** The study was carried out using computational and analytical, comparative and scoring methods, as well as generalization and grouping. Conclusions made on the results of the conducted research were formed on the basis of systematic and logical scientific approaches. **The scientific novelty** lies in the development of indicators for assessing the state of the organization's human capital and the investments of subjects in human resources, recommended for inclusion in the ECG rating in order to form more complete picture of this capital type. **Results.** The data of the leading subjects of large, medium, small businesses, microbusiness and individual entrepreneurs of the sector “Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming” and the largest agricultural holdings in Russia in the ECG rating was analyzed, as a result of which problematic aspects of this rating system were identified, as well as indicators that increase its informativeness.

Keywords: human capital, agricultural organization, ECG rating, ESG agenda, personnel, stakeholder

For citation: Tatarovskaya T. E. The human capital of the agricultural organization through the ECG rating. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1289–1301. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1289-1301>. (In Russ.)

Date of paper submission: 16.11.2024, **date of review:** 04.03.2025, **date of acceptance:** 04.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Сегодня среди стратегических задач общегосударственного значения развитие человеческого капитала занимает особое место. Данная позиция нашла отражение как в государственных программах [1], так и в национальных и федеральных проектах [2].

На уровне экономического субъекта оценка состояния человеческого капитала организации, понимание его структуры и направлений развития также важны. Прежде всего это связано с тем, что человеческий капитал включает в себя знания, квалификации, навыки и другие качества, которыми обладают работники [3]. И данная совокупность характеристик имеет большое значение для финансово-хозяйственной деятельности, поскольку человек, выполняя свои функциональные обязанности или принимая решения экономического характера, оказывает влияние не только на текущее состояние бизнеса, но и на перспективы его развития в обозримом будущем.

Понимание термина «человеческий капитал» сложилось не сразу, но концептуальные основы начали формироваться в трудах ученых – сторонников классической экономической теории (У. Петти, А. Смит, Д. Рикардо). В своих трудах они раскрыли значимость рабочей силы в экономике, а также влияние образования и способностей человека на обогащение страны и рост ее населения [4]. К. Маркс считал человека основным капиталом организации, что впоследствии не нашло подтверждения с точки зрения тех вызовов, с которыми столкнулось индустриальное общество.

Первым ученым, который сформировал понятие «человеческий капитал» и благодаря этому получил Нобелевскую премию, является Т. Шульц. Он рассматривал данную категорию как неотделимую от человека часть, потенциально способную приносить доход и позволять достигать поставленные цели. Спустя несколько десятилетий другой Но-

белевский лауреат Г. Беккер развил теорию человеческого капитала, раскрыв содержание данного понятия. По его мнению, составными элементами человеческого капитала являются индивидуальный запас знаний, навыков, умений и мотивации [5]. Позиция Г. Беккера является основополагающей для данной работы.

Среди составляющих человеческого капитала организации следует особо выделять человеческий потенциал, содержащий индивидуальные особенности человека, которые позволяют не только удовлетворить его потребности, но и получить в будущем вознаграждение. По мнению Е. В. Орловой, человеческий потенциал отражает совокупность имеющихся средств и возможностей, которые далее в форме человеческого капитала позволяют организации получить добавленную стоимость и обеспечить экономический рост уже на мезо- и макроуровнях с позиций региона и государства [6].

Также Ю. П. Грабоздин и Ю. А. Татаровский отмечают существенную роль человека в контексте управленческого консалтинга, что находит отражение в выборе инструментов бизнес-анализа для целей оценки финансового состояния предприятия, в том числе показателей, связанных с персоналом [7]. Следовательно, состояние человеческого капитала оказывает прямое влияние на финансовое положение организации.

С позиций сельскохозяйственной отрасли значимость проведения исследований в области человеческого капитала подтверждается не только значительным интересом со стороны отечественных ученых, но и актуальностью решения проблем, связанных с формированием человеческого капитала в агробизнесе [8–10]. Низкий уровень квалификации и мотивации, недостаточный объем социального пакета, некомфортные условия труда, непривлекательность сельского образа жизни приводят к тому, что сельскохозяйственные организации сталкиваются с нехваткой трудовых (прежде всего высококвалифицированных) ресурсов и отсутствием возможности развивать деятельность.

Уровень образования и уровень профессиональной подготовки выступают двумя ключевыми группами показателей, которые необходимо анализировать на предприятиях агропромышленного комплекса. При этом с целью оценки их влияния на человеческий капитал необходимо выделять навыки общего назначения и специальные навыки для решения производственных задач [11].

Кроме того, одним из важных направлений в современной науке является поиск стимулов для развития человеческого капитала, которые главным образом выражаются в инвестициях, позволяющих осуществить формирование, накопление и воспроизводство данного вида капитала [12].

В этих условиях становится значимой внешняя рейтинговая оценка экономического субъекта, которая позволяет оценить компанию по различным аспектам, в том числе уровень ответственности перед работниками и социумом, а также позиционирование себя как потенциального работодателя. Несмотря на то что ESG-концепция сохраняет свою актуальность в контексте раскрытия компаниями информации о нефинансовых аспектах деятельности, запуск в 2023 году отечественного рейтинга, получившего название «ЭКГ-рейтинг», позволил не только снизить зависимость от оценок зарубежных рейтинговых агентств, но и сделать акцент на социальной ответственности бизнеса.

Рейтингование в рамках ESG-повестки представляет собой демонстрацию достижений компаний в области устойчивого развития, цели которого в большинстве не соответствуют национальным интересам России. Соответственно, разработка и реализация отечественного рейтинга, который позволит провести всестороннюю оценку деятельности компании, были весьма актуальными.

Алгоритм проведения оценки в рамках ЭКГ-рейтинга состоит из двух этапов:

1. Проведение предварительной квалификации экономических субъектов.

2. Оценка показателей деятельности:

- 2.1. Проведение оценки практик субъектов бизнеса на основании следующих данных: учредители, система налогообложения, налоговые платежи, финансовое состояние, уровень оплаты труда.

- 2.2. Проведение оценки дополнительной информации, предоставленной субъектами.

В ЭКГ-рейтинге присутствуют три блока: экология, кадры, государство [13]. В области человеческого капитала наибольший интерес представляет блок «Кадры», в котором раскрываются показатели уровня оплаты труда, а также масштаб и содержание программ и проектов социального, демографического, благотворительного характера, проводимых самим экономическим субъектом.

Из этого следует, что предприятие может оказывать влияние на социальную обстановку, демографическую ситуацию и образ жизни на территории ведения деятельности [14]. Данный аспект особенно значим для сельскохозяйственных предприятий, осуществляющих свою деятельность вне городских условий, к которым следует адаптировать работников и в которых необходимо замотивировать их остаться.

Методология и методы исследования (Methods)

В данном исследовании были использованы материалы научных публикаций в области оценки человеческого капитала сельскохозяйственных организаций и управления им; информационная база, используемая для составления ЭКГ-рейтинга: данные ФНС России, ФАС России, Росфинмониторин-

га, Казначейства России, ФССП России и Минюста России, а также информация, раскрываемая непосредственно самим экономическим субъектом.

В работе были использованы такие научные методы, как расчетно-аналитический, сравнительный анализ, балльный, обобщение и группировка, а также системный и логический научные подходы.

Методика проведения рейтингования в системе ЭКГ-рейтинга в отношении человеческого капитала организации включает в себя:

1) оценку коэффициента средней заработной платы в компании:

– если показатель больше или равен сумме двух средних заработных плат по субъекту Российской Федерации, организации присваивается максимальный балл – 100;

– если показатель меньше суммы, указанной в пункте выше, то в зависимости от процента его отклонения присваивается балл в диапазоне от 0 до 95. Если отклонение больше 50 %, то сопоставление ведется со средней заработной платой по субъекту РФ. Например, если коэффициент средней заработной платы меньше суммы двух средних заработных плат по субъекту Российской Федерации, но не более чем на 40 %, компании присваивается 60 баллов.

Общий балл рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Балл}_k = \frac{\text{Балл по КПЗ}}{100} \times 35 \text{ баллов}, \quad (1)$$

где Балл_k – общий балл по блоку «Кадры»;

Балл по КПЗ – балл, набранный по показателю коэффициента средней заработной платы.

Максимальный балл, который может быть получен в рамках блока «Кадры», равен 35. Для сравнения: по блоку «Экология» максимальный балл составляет 15, по блоку «Государство» – 50 [15];

2) анкетирование по следующим направлениям:

– социальный пакет (меры социального и демографического характера, направленные на работников и членов их семей: например, корпоративные жилищные программы, поддержка молодых семей, выплаты при рождении ребенка, выплаты компенсационного характера и др.);

– благотворительные проекты, направленные на укрепление традиционных ценностей и безопасность государства.

Итоговое распределение баллов по представленным выше направлениям развития человеческого капитала организации в блоке «Кадры» зависят от наличия наемных сотрудников в организации (см. таблицу 1). Если организация работает без наемных сотрудников, она теряет возможность получить баллы по направлению «Социальный пакет». При этом большую часть баллов возможно получить по направлению «Благотворительные проекты».

Результаты (Results)

Сегодня внешние условия ведения деятельности характеризуются негативным фоном. Это связано прежде всего с санкционным давлением, недружественными действиями со стороны западных стран, нарушением логистических цепочек и с иными причинами, в большинстве своем геополитического и макроэкономического характера. Все это создает угрозы для национальной безопасности нашей страны. И именно сельскохозяйственные организации должны выступить одним из локомотивов отечественной экономики для обеспечения таких составляющих национальной безопасности, как экономическая и продовольственная.

Однако, помимо указанных внешних факторов, присутствуют аспекты внутренней среды, которые угрожают бесперебойному и эффективному функционированию агропромышленных предприятий.

Таблица 1

Распределение баллов ЭКГ-рейтинга по направлениям развития человеческого капитала организации в блоке «Кадры»

Направление развития человеческого капитала организации	Количество баллов для организации с наемными сотрудниками	Количество баллов для организации без наемных сотрудников
Уровень оплаты труда	35	35
Социальный пакет	25	–
Благотворительные проекты	5	20
Итого	65	55

Table 1
Distribution of EPS rating points in the areas of organization's human capital development in the "Personnel" block

Direction of the organization's human capital development	Number of points for organization with hired employees	Number of points for organization without employees
Level of remuneration	35	35
Social package	25	–
Charity projects	5	20
Total	65	55

К внутренним факторам, которые оказывают существенное влияние на состояние и развитие человеческого капитала сельскохозяйственной организации, можно отнести:

- 1) уровень заработной платы (ниже, чем в других отраслях);
- 2) незначительный объем инвестиций в человеческий капитал;
- 3) низкий уровень образования и квалификации сотрудников;
- 4) отсутствие перспектив для карьерного роста в сельскохозяйственных организациях (является одной из причин низкой мотивации);
- 5) трудности с подбором персонала, проживающего или желающего проживать в сельской местности;
- 6) высокий уровень безработицы в сельской местности по сравнению с городом;
- 7) низкий уровень социальной инфраструктуры;
- 8) низкий уровень технического оснащения сельскохозяйственных организаций, физическое и моральное устаревание оборудования и машин [16].

Поскольку для предприятий агропромышленного комплекса улучшение состояния человеческого капитала становится ключевой задачей, без выполнения которой достижение высокого уровня финансовой

устойчивости, эффективности ведения деятельности и разработки краткосрочных стратегий развития не представляется возможным [17], данным субъектам необходимо приложить усилия для улучшения деловой репутации с позиций социальной ответственности перед сотрудниками [18] и обществом.

Участие в рейтинговых оценках деятельности предоставляет возможность продемонстрировать достижения и успешные социальные решения в отношении как штатных, так и потенциальных сотрудников. В связи с этим можно сделать вывод о том, что ЭКГ-рейтинг позволяет экономическим субъектам провести самооценку, сравнить свои усилия в части развития и поддержания знаний, навыков, умений и мотивации сотрудников с компаниями (в том числе с конкурентами) того же сектора, а также перенять лучшие практики. Все это позволит улучшить состояние человеческого капитала субъекта.

В контексте ЭКГ-рейтинга в таблице 2 приведен перечень организаций крупного бизнеса сектора «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», имеющих лидирующий уровень рейтинга ответственного бизнеса, с детализацией информации о баллах по блоку «Кадры» (по данным на ноябрь 2024 года) [19].

Таблица 2

Топ-10 организаций крупного бизнеса сектора «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в ЭКГ-рейтинге

Название организации	Уровень	Рейтинг	Блок «Кадры»	Отметка о прохождении анкетирования (плюс – да, минус – нет)
ООО «АПК Агроэко»	АА	100	36	+
ООО «Агроэко-Восток»	АА	96	29	+
ООО «РАТ»	АА	94	35	–
ООО «Авиаген»	АА	94	35	–
ООО «Группа компаний „Агротэк“»	АА	93	35	–
ООО «МАС СИДС»	АА	93	35	–
АО «Совхоз имени Кирова»	АА	93	28	–
ООО «Долина семян»	АА	93	35	–
ООО «Агросил»	АА	91	26	–
АО Племязавод «Шойбулакский»	АА	91	32	–

Table 2

Top 10 large business organizations of the sector “Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming” in the EPS rating

Name of the organization	Level	Rating	“Personnel” block	Mark of the survey completion (plus – yes, minus – no)
Agroeko Agro-Industrial Complex LLC	AA	100	36	+
Agroeko-Vostok LLC	AA	96	29	+
RAT LLC	AA	94	35	–
Aviagen LLC	AA	94	35	–
Agrotek Group of Companies LLC	AA	93	35	–
MAS Seeds LLC	AA	93	35	–
Kirov State Farm JSC	AA	93	28	–
Dolina semyan LLC	AA	93	35	–
Agrosil LLC	AA	91	26	–
Shoybulakskiy breeding plant JSC	AA	91	32	–

Таблица 3

Сравнительная характеристика топ-5 организаций крупного бизнеса сектора «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в ЭКГ-рейтинге по блоку «Кадры»

Название организации	Численность работников, чел.	Общий балл по блоку «Кадры»	Показатель «Уровень оплаты труда», баллов	Общий балл по разделу «Социальный пакет»	Общий балл по разделу «Благотворительные проекты»
ООО «АПК Агроэко»	508	36	22,75	9,5	4
ООО «Агроэко-Восток»	884	29	17,50	10	1
ООО «РАТ»	207	35	35	–	–
ООО «Авиаген»	317	35	35	–	–
ООО «Группа компаний „Агротэк“»	38	35	35	–	–

Table 3

Comparative characteristics of the top 5 large business organizations of the sector “Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming” in the EPS rating for the “Personnel” block

Name of the organization	Number of employees, people	Total score for the “Personnel” block	The “Salary level” indicator, points	Total score for the “Social package” section	Total score for the “Charity Projects” section
Agroeko Agro-Industrial Complex LLC	508	36	22.75	9,5	4
Agroeko-Vostok LLC	884	29	17.50	10	1
RAT LLC	207	35	35	–	–
Aviagen LLC	317	35	35	–	–
Agrotek Group of Companies LLC	38	35	35	–	–

Необходимо отметить, что уровень АА у представленных в таблице 2 организаций не является максимально возможным, согласно утвержденному стандарту оценки. Данный уровень называется «Продвинутый». Организациям, набравшим в сумме более 101 балла, присваивается уровень ААА – «Лидер». Среди организаций крупного бизнеса сельскохозяйственного сектора в ЭКГ-рейтинге таких компаний нет.

Информационная база данной рейтинговой системы позволяет проанализировать показатели, из которых сложилась итоговая оценка. В частности, по лидеру таблицы 2 ООО «АПК АГРОЭКО» в карточке раскрывается следующая информация по блоку «Кадры»:

- из 65 максимально возможных по блоку набрано 36 баллов;
- численность работников составляет 508 человек;
- по показателю «Уровень оплаты труда» коэффициент средней заработной платы с учетом текучести кадров составляет 22,75 балла из 35 максимально возможных. Путем проведения расчетов с использованием формулы (1) получаем, что коэффициент средней заработной платы в данной орга-

низации меньше суммы двух средних заработных плат по Российской Федерации, но не более чем на 35 %. Следовательно, по данному показателю организации присвоено 65 баллов;

– результаты анкетирования по следующим направлениям:

- «Социальный пакет» – получено 9,5 балла из 25 максимально возможных;
- «Благотворительные проекты» – получено 4 балла из 5 максимально возможных.

Результаты анкетирования с присвоением баллов в зависимости от степени выполненной задачи социального и благотворительного характера также представлены в открытом доступе. В частности, в данном субъекте присутствуют поощрение за стаж работы, оказание сотруднику материальной помощи, стимулирование занятий спортом, специальные выплаты при рождении детей, дополнительные выходные в особых случаях по семейным обстоятельствам, содействие в получении образования детьми сотрудников и др. При этом необходимо отметить, что часть задач по социальному направлению в компании достигнута частично или не достигнута вовсе.

Для сравнения: лидер ЭКГ-рейтинга из сектора «Транспортировка и хранение» ООО «Газпром Трансгаз Сургут» – демонстрирует 64 балла из 65 возможных по блоку «Кадры», что свидетельствует о максимальном достижении задач с позиций развития и поддержания человеческого капитала организации.

После проведения сопоставительной характеристики организаций, занимающих лидирующее положение (ООО «АПК Агроэко» и ООО «Газпром Трансгаз Сургут»), в таблице 3 представим детализацию информации блока «Кадры» по первым пяти предприятиям, указанным в таблице 2.

Первые две организации представленного выше списка (ООО «АПК Агроэко» и ООО «Агроэко-Восток») имеют большую численность персонала и прошли анкетирование для оценивания разделов «Социальный пакет» и «Благотворительные проекты» по сравнению с остальными организациями. Однако показатель «Уровень оплаты труда» в данных субъектах существенно ниже [19].

Необходимо отметить, что в таблице 2 не нашли отражение крупнейшие агропромышленные холдинги России. Это связано с двумя причинами: во-первых, фильтр предприятий в ЭКГ-рейтинге строится по секторам. И не все крупнейшие сельскохозяйственные организации в данной системе относятся к сектору «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство». Во-вторых, информационная база ЭКГ-рейтинга взаимоувязана прежде всего с информационной базой ФНС [20]. Следовательно, при поиске необходимо указывать ИНН или официальное наименование организации, приведенное в выписке из ЕГРЮЛ, иначе в результатах поиска получаем список из нескольких организаций, имеющих одинаковые названия.

Для ряда крупнейших агропромышленных предприятий приведем ниже сведения из ЭКГ-рейтинга, в том числе по общему баллу в блоке «Кадры»:

1. ООО «Группа компаний «Русагро» (далее – ГК «Русагро») (ИНН 7728278043), вид деятельности: «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство». Уровень – А (Продвинутый), рейтинг – 88 из 160 баллов, блок «Кадры» – 35 из 60 баллов.

2. ПАО «Группа Черкизово» (ИНН 7718560636), вид деятельности: «Деятельность профессиональная, научная и техническая». Уровень – АА (Продвинутый), рейтинг – 94 из 160 баллов, блок «Кадры» – 35 из 60 баллов.

3. ООО «Агропромышленный холдинг «Мираторг» (ИНН 7704669440), вид деятельности: «Деятельность профессиональная, научная и техническая». Уровень – А (Продвинутый), рейтинг – 86 из 160 баллов, блок «Кадры» – 35 из 60 баллов.

4. ООО «Продимекс» (ИНН 7730710905), вид деятельности: «Торговля оптовая и розничная».

Уровень – А (Продвинутый), рейтинг – 88 из 160 баллов, блок «Кадры» – 35 из 60 баллов.

5. ООО «Эконива-АПК холдинг» (ИНН 3614005528), вид деятельности: «Деятельность профессиональная, научная и техническая». Уровень – А (Продвинутый), рейтинг – 82 из 160 баллов, блок «Кадры» – 35 из 60 баллов [19].

Представленные в списке выше компании в блоке «Кадры» оценивались только по показателю «Уровень оплаты труда». Других данных по ним нет. Однако, если посмотреть информацию о социальной ответственности, которую указанные агрохолдинги размещают на своем сайте в отчетах об устойчивом развитии, можно увидеть, что ими реализуются программы и проекты социального и благотворительного характера.

В частности, ГК «Русагро» выделяет в разделе ESG-повестки следующие усилия и мероприятия компании:

- 1) обеспечение конкурентоспособных условий оплаты труда, оказание социальной поддержки сотрудникам;
- 2) разработка индивидуального карьерного трека для сотрудников;
- 3) реализация программы наставничества;
- 4) проведение мероприятий, направленных на сплочение трудового коллектива, вовлеченность сотрудников и продвижение корпоративных ценностей;
- 5) проведение культурных и спортивных мероприятий для сотрудников и др.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что крупнейшие компании сельскохозяйственной отрасли пока не переориентировались на отечественную систему рейтингования и раскрывают информацию в контексте западной методики на своем сайте.

Если продолжать анализировать данные ЭКГ-рейтинга, то можно обратить внимание на то, что аналогичные таблице 2 рейтинговые списки представлены по другим категориям бизнеса сектора «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» (по данным на ноябрь 2024 года). В частности, по среднему бизнесу показатели в блоке «Кадры» выше, чем у крупного бизнеса (см. таблицу 4) [19].

Лидер таблицы 4 ООО «Селекционно-гибридный центр» получил баллы по показателю «Уровень оплаты труда» в размере 24,5 из 35 максимально возможных, по показателю «Социальный пакет» – 15 баллов из 25 максимально возможных. Благотворительные проекты отсутствуют.

Позитивная, на первый взгляд, картина наблюдается у лидеров ЭКГ-рейтинга в категориях:

– малый бизнес (у 9 из 10 первых в списке организаций общий балл по блоку «Кадры» равен 35, у одного предприятия – 33);

Таблица 4

Топ-10 организаций среднего бизнеса сектора
«Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в ЭКГ-рейтинге

Название организации	Уровень	Рейтинг	Блок «Кадры»	Отметка о прохождении анкетирования (плюс – да, минус – нет)
ООО «Селекционно-гибридный центр»	AAA	105	40	+
АО «Родина»	AA	100	35	–
ООО «Малое инновационное предприятие „Дагагроинновация“»	AA	100	35	–
ООО «Тамбовские фермы»	AA	98	33	–
АО «Кропоткинское»	AA	98	35	–
ООО «Саатбау Рус»	AA	96	35	–
ООО «Алтайр-Липецк»	AA	95	30	–
АО «Орел Нобель-Агро»	AA	95	35	–
ООО «Большой Морец»	AA	95	30	–
АО «Лесопромышленная холдинговая компания „Кареллеспром“»	AA	94	33	–

Table 4

Top 10 medium business organizations of the sector
“Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming” in the EPS rating

Name of the organization	Level	Rating	“Personnel” block	Mark of the survey completion (plus – yes, minus – no)
Selektsionno-gibridnyy tsentr LLC	AAA	105	40	+
Rodina JSC	AA	100	35	–
Maloe innovatsionnoe predpriyatie Dagagroinnovatsiya LLC	AA	100	35	–
Tambovskie fermy LLC	AA	98	33	–
Kropotkinskoe JSC	AA	98	35	–
Saatbau Rus LLC	AA	96	35	–
Altair-Lipetsk LLC	AA	95	30	–
Orel Nobel-Agro JSC	AA	95	35	–
Bolshoy Morets LLC	AA	95	30	–
Forest Industry Holding Company “Karellesprom” JSC	AA	94	33	–

– микробизнес (35 баллов по блоку «Кадры» присвоено первым 10 организациям);

– индивидуальные предприниматели (35 баллов по блоку «Кадры» присвоено первым 10 организациям) [19].

Однако при обращении к методике расчета показателей для составления ЭКГ-рейтинга было установлено, что малый бизнес, микробизнес и индивидуальные предприниматели по блоку «Кадры» оцениваются исключительно по показателю «Уровень оплаты труда». С позиций государства данные категории бизнеса не располагают достаточным объемом финансовых ресурсов для реализации программ социального и благотворительного характера. Однако можно предположить, что ряд субъектов из указанного перечня имеет программы социального и благотворительного характера. Следовательно, необходимо предоставить им возможность раскрывать такую информацию в системе ЭКГ-рейтинга.

Таким образом, среди проблемных аспектов формирования информации в ЭКГ-рейтинге по сельскохозяйственным предприятиям следует выделить:

1) отсутствие возможности получения информации по организациям определенного профиля деятельности, поскольку отнесение к секторам в ЭКГ-рейтинге построено на основном коде ОК-ВЭД, присвоенном субъекту. Так, большинство крупнейших агропромышленных компаний представляют собой холдинговую структуру. Материнская компания имеет код ОКВЭД 70.22 «Консультирование по вопросам коммерческой деятельности и управления» (например, ПАО «Группа Черкизово», ООО «Агропромышленный холдинг «Мираторг» и др.), который в ЭКГ-рейтинге, согласно действующему законодательству, относит компанию к сектору «Деятельность профессиональная, научная и техническая» (раздел М, в который входит ОКВЭД 70.22). При этом в открытых источниках материн-

ская компания раскрывает информацию о своей деятельности как сельскохозяйственная организация. Такой подход затрудняет проведение сравнительной оценки экономических субъектов в рамках одной отрасли;

2) низкий интерес со стороны крупнейших компаний к ЭКГ-рейтингу и, как следствие, игнорирование инициативного анкетирования и при этом представление отчетности по устойчивому развитию в открытых источниках. Следовательно, по многим стратегически важным для нашей страны компаниям в ЭКГ-рейтинге представлена ограниченная информация, формируемая автоматизированно на этапе скоринга (п. 2.1 алгоритма);

3) ограниченность информации блока «Кадры», позволяющей оценить усилия, в частности, сельскохозяйственных организаций по развитию и поддержанию человеческого капитала со стороны крупного и малого бизнеса.

В этой связи необходимо отметить, что, помимо данных о расходах, связанных с вознаграждением и социальным обеспечением, внешние стейкхолдеры заинтересованы в получении информации, связанной с теми инвестициями в человеческий капитал, которые влияют на развитие самого экономического субъекта, а именно о расходах, связанных с повышением квалификации и мотивации, актуализацией знаний, улучшением навыков сотрудников, что соответствует концепции Г. Беккера.

Следовательно, предлагается включить в ЭКГ-рейтинг такие показатели, которые позволят оценить состояние человеческого капитала организации и вложения субъектов в своих работников:

1. Показатели оценки уровня профессионализма работников (с последующим присвоением баллов для включения в рейтинг):

1) средний коэффициент экономической значимости работников предприятия, рассчитываемый по методике Н. И. Пирожковой следующим образом:

$$К_{\text{эзр}} = (К_{\text{обр}} \times К_{\text{взопыт}}) / ССЧ, \quad (2)$$
 где $K_{\text{эзр}}$ – средний коэффициент экономической значимости работников предприятия;

$K_{\text{обр}}$ – коэффициент уровня образования;

$K_{\text{взопыт}}$ – коэффициент взаимодействия опыта работы исследуемого сотрудника с его возрастом;

ССЧ – среднесписочная численность работников предприятия.

Возможные значения показателей $K_{\text{обр}}$ и $K_{\text{взопыт}}$ разработаны Н. И. Пирожковой. Так, коэффициент уровня образования имеет диапазон значений 0,3–1, где 0,3 присваивается при наличии основного общего образования (5–9 классов), 1 – выпускникам докторантуры.

Коэффициент взаимодействия опыта работы исследуемого сотрудника с его возрастом определя-

ется по специальной таблице значений матричного типа. Например, сотруднику возраста 40 лет, имеющему стаж 15 лет, будет присвоен коэффициент 0,6 [21].

Коэффициент экономической значимости работников предприятия определяется как средний показатель данного коэффициента, рассчитанный по всем сотрудникам организации;

2) коэффициент квалифицированности работников предприятия, рассчитываемый по следующей формуле:

$$K_{\text{квр}} = \Phi \text{Стаж}_{\text{ср}} / \text{ПСтаж}_{\text{ср}}, \quad (3)$$

где $K_{\text{квр}}$ – коэффициент квалифицированности работников предприятия;

$\Phi \text{Стаж}_{\text{ср}}$ – фактический средний стаж работы сотрудников предприятия;

$\text{ПСтаж}_{\text{ср}}$ – плановый (требуемый) средний стаж работы сотрудников предприятия [22];

2. Балльная оценка по результатам анкетирования в новом разделе «Кадровый пакет»:

1) проведение регулярного повышения квалификации и профессионального обучения для всех сотрудников компании;

2) наличие программ поддержки молодых специалистов;

3) наличие программ поддержки научных исследований.

Не вызывает сомнений, что сбор и обобщение дополнительной информации, связанной с развитием и поддержанием человеческого капитала, вызывает значительный интерес со стороны внешних стейкхолдеров сельскохозяйственной организации. Например, государство сможет получить сведения об уровне социальной ответственности субъекта агропромышленного бизнеса. Также возможно реализовать предоставление льгот и субсидий для тех компаний, чьи усилия направлены на улучшение состояния человеческого капитала. Кроме того, контрагенты получают косвенное подтверждение добросовестности субъекта и его намерений продолжать деятельность в обозримом будущем. Для конкурентов высокое значение баллов продемонстрирует наличие в организации высококвалифицированного трудового коллектива, которому работодатель оказывает всестороннюю поддержку. Следовательно, уровень мотивации в достижении целей бизнеса у таких сотрудников высок.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Современные вызовы, с которыми сталкиваются предприятия сельскохозяйственной отрасли, актуализируют решение кадровых проблем, которые в последние десятилетия оставались злободневными. Развитие и поддержка человеческого капитала организации становятся важной задачей, направленной на обеспечение эффективного ведения деятельности и устойчивости по отношению к возникающим угрозам и рискам внешней и внутренней среды.

Демонстрация социальной ответственности компании в открытых источниках, в частности в сети Интернет, позволяет повысить конкурентоспособность, инвестиционную привлекательность и уровень доверия со стороны общественности.

Создание отечественной системы рейтингования позволит снизить зависимость от субъективных оценок западных аналитических агентств и представить достоверную картину деятельности организации, поскольку информационная база формируется за счет ресурсов государственных органов.

Несмотря на то что ЭКГ-рейтинг был запущен сравнительно недавно, определенная статистика и информация для принятия решений со стороны

внешних стейкхолдеров уже имеется. Раскрытие большего объема информации, добавление показателей, которые позволят провести всестороннюю оценку состояния человеческого капитала в сельскохозяйственной организации, а также масштаб осуществленных усилий в части его развития и поддержания усилят конкурентные и деловые преимущества субъекта.

Другим направлением развития ЭКГ-рейтинга может выступить размещение организациями крупного бизнеса на сайте данной системы отчетов о социальной ответственности в формате, аналогичном ESG-отчетам.

Библиографический список

1. Перечень государственных программ, национальных и федеральных проектов, приоритетных программ и проектов в Российской Федерации [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310251 (дата обращения: 11.11.2024).
2. Федеральный проект «Развитие человеческого капитала в интересах регионов, отраслей и сектора исследований и разработок» [Электронный ресурс] // Национальные проекты России. URL: <https://национальныепроекты.рф/projects/nauka-i-university/kadry> (дата обращения: 11.11.2024).
3. Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods, Series F, No. 67, United Nations, New York, 1997. 96 p. [Электронный ресурс] // The United Nations Statistics Division. URL: https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_67E.pdf (дата обращения: 14.11.2024).
4. Хайкин М. М. Эволюция теории человеческого капитала [Электронный ресурс] // Российская национальная библиотека. URL: <http://nlr.ru/news/20170427/haikin.pdf> (дата обращения: 14.11.2024).
5. Becker G. Investment in human capital: a theoretical analysis // The Journal of Political Economy. 1962. Vol. 70. Pp. 9–49.
6. Орлова Е. В. Оценка человеческого капитала предприятия и управление им в условиях цифровой трансформации экономики // Journal of Applied Economic Research. 2021. Т. 20, № 4. С. 666–700. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.4.026.
7. Татаровский Ю. А. Анализ платежеспособности и ликвидности бизнеса в управленческом консалтинге // Экономика и предпринимательство. 2022. № 2 (139). С. 892–895. DOI: 10.34925/EIP.2022.139.2.171.
8. Naumova O. A. Problem analysis of agriculture development in Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Science and Technology Conference “EarthScience”. Russkiy Island, 2020. Vol. 459, No. 6, Chapter 5. Article number 062066. DOI: 10.1088/1755-1315/459/6/062066.
9. Зяблицева Я. Ю. Человеческий капитал как фактор инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной организации // Никоновские чтения. 2020. № 25. С. 90–92.
10. Коваль С. В., Петухова М. С., Кузнецова И. Г. Повышение экономической эффективности сельскохозяйственных организаций в контексте развития человеческого капитала. Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2022. 153 с.
11. Головина С. Г. Человеческий капитал аграрной сферы производства // Современные проблемы цивилизации и устойчивого развития в информационном обществе: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. Москва, 2022. С. 242–246.
12. Ермоленко О. Д. Человеческий капитал и трудовые ресурсы сельского хозяйства России: принципы перехода к инновационному развитию // АПК: экономика, управление. 2020. № 9. С. 11–19. DOI: 10.33305/209-11.
13. Наумова И. В. ЭКГ-рейтинг как инструмент поддержки ответственного бизнеса // Экономика и предпринимательство. 2024. № 2 (163). С. 781–785. DOI: 10.34925/EIP.2024.163.2.153.
14. Багирова А. П. Российский работодатель как потенциальный субъект влияния на демографическую ситуацию в регионе // AlterEconomics. 2024. Т. 21, № 2. С. 268–285. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2024.21-2.6.
15. ГОСТ Р 71198-2023 «Индекс деловой репутации субъектов предпринимательской деятельности (ЭКГ-рейтинг). Методика оценки и порядок формирования ЭКГ-рейтинга ответственного бизнеса» (утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2023 г. № 1765-ст). Москва: Институт стандартизации, 2024. 42 с.

16. Терентьев К. С. Влияние человеческого капитала на производительность сельскохозяйственного производства // Молодые исследователи – современной науке: сборник статей X Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2024. С. 13–18.

17. Лихолетова Н. В. Современные направления повышения платежеспособности и финансовой устойчивости сельскохозяйственного предприятия // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2020. № 3-2 (37). С. 98–107.

18. Маняева В. А. Теоретические аспекты интеллектуальной и кадровой составляющей в системе экономической безопасности предприятия // Экономика и предпринимательство. 2023. № 4 (153). С. 959–963. DOI: 10.34925/EIP.2023.153.4.187.

19. ЭКГ-рейтинг ответственного бизнеса [Электронный ресурс]. URL: <https://new.экг-рейтинг.рф> (дата обращения: 14.11.2024).

20. Михалева О. Л. Цифровая экономика: модернизация налоговой сферы // Экономика и предпринимательство. 2022. № 1 (138). С. 207–210. DOI: 10.34925/EIP.2022.138.1.038.

21. Пирожкова Н. И. Методика оценки уровня человеческого капитала индивидуального работника предприятия // Бизнес в законе. 2011. № 5. С. 227–230.

22. Кондратьева О. В., Леушкина В. В., Кузнецова Н. А., Зинич Л. В. Оценка стоимости человеческого капитала как инструмент устойчивого развития предприятия // Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 9. С. 225–229.

Об авторе:

Татьяна Евгеньевна Татаровская, кандидат экономических наук, доцент кафедры учета, анализа и экономической безопасности, Самарский государственный экономический университет, Самара, Россия; ORCID 0000-0001-5206-8590, AuthorID 644535. E-mail: tatarovskaya.tatyana@gmail.com

References

1. List of state programs, national and federal projects, priority programs and projects in the Russian Federation [Internet]. *ConsultantPlus* [cited 2024 Nov 11]. Available from: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_310251. (In Russ.)

2. The federal project “Development of human capital in the interests of regions, industries and the research and development sector” [Internet]. *National Projects of Russia*. [cited 2024 Nov 11]. Available from: <https://национальныепроекты.рф/projects/nauka-i-university/kadry>. (In Russ.)

3. Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods, Series F, No. 67. [Internet]. *The United Nations Statistics Division*. 1997 [cited 2024 Nov 11]. United Nations, New York, 96 p. Available from: https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_67E.pdf.

4. Khaykin M. M. Evolution of the theory of human capital [Internet]. *Russian National Library*. [cited 2024 Nov 11]. Available from: <http://nlr.ru/news/20170427/haikin.pdf>. (In Russ.)

5. Becker G. Investments in human capital: a theoretical analysis. *Journal of Political Economy*. 1962; 70: 9–49.

6. Orlova E. V. Assessment of the human capital of an enterprise and its management in the context of digital transformation of the economy. *Journal of Applied Economic Research*. 2021; 20, No. 4: 666–700. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.4.026. (In Russ.)

7. Tatarovskiy Yu. A. Analysis of solvency and liquidity of business in management consulting. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2022; 2 (139): 892–895. DOI: 10.34925/EIP.2022.139.2.171. (In Russ.)

8. Naumova O. A. Problem Analysis of Agriculture Development in Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Science and Technology Conference “EarthScience”*. Russkiy Island, 2020. Vol. 459, No. 6, Chapter 5. Article number 062066. DOI: 10.1088/1755-1315/459/6/062066.

9. Zyablitseva Ya. Yu. Human capital as a factor of investment attractiveness of an agricultural organization. *Nikonovskie chteniya*. 2020; 25: 90–92. (In Russ.)

10. Koval S. V., Petukhova M. S., Kuznetsova I. G.. Improving the economic efficiency of agricultural organizations in the context of human capital development. Novosibirsk: Novosibirsk State Agrarian University, 2022. 153 p. (In Russ.)

11. Golovina S. G. Human capital of the agrarian sphere of production // *Modern problems of civilization and sustainable development in the information society: proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Moscow, 2022. Pp. 242–246. (In Russ.)

12. Ermolenko O. D. Human capital and labor resources of agriculture in Russia: principles of transition to innovative development. *AIC: Economics, Management*. 2020; 9: 11–19. DOI: 10.33305/209-11. (In Russ.)

13. Naumova I. V. ECG rating as a tool to support responsible business. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2024; 2 (163): 781–785. DOI: 10.34925/EIP.2024.163.2.153. (In Russ.)
14. Bagirova A. P. The Russian employer as a potential subject of influence on the demographic situation in the region. *AlterEconomics*. 2024; 21 (2): 268–285. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2024.21-2.6. (In Russ.)
15. GOST R 71198-2023 “*Business reputation index of business entities (ECG rating). The assessment methodology and the procedure for forming the ECG rating of responsible business*” (approved and put into effect by Order No. 1765-st of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 29, 2023). Moscow: Institute of Standardization, 2024. 42 p. (In Russ.)
16. Terentyev K. S. The influence of human capital on agricultural productivity. *Young researchers to modern science: collection of articles of the X International Scientific and practical Conference*. Petrozavodsk, 2024. Pp. 13–18. (In Russ.)
17. Likholetova N. V. Modern directions for improving the solvency and financial stability of an agricultural enterprise. *Bulletin of Don State Agrarian University*. 2020; 3-2 (37): 98–107. (In Russ.)
18. Manyeva V. A. Theoretical aspects of the intellectual and personnel component in the system of economic security of the enterprise. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2023; 4 (153): 959–963. DOI: 10.34925/EIP.2023.153.4.187. (In Russ.)
19. ECG-rating of responsible business [Internet] [cited 2024 Nov 11]. Available from: <https://new.экг-рейтинг.рф>. (In Russ.)
20. Mikhaleva O. L. Digital economy: modernization of the tax sphere. *Journal of Economy and Entrepreneurship*. 2022; 1 (138): 207–210. DOI: 10.34925/EIP.2022.138.1.038. (In Russ.)
21. Pirozhkova N. I. Methodology for assessing the level of human capital of an enterprise individual employee. *Business in Law*. 2011; 5: 227–230. (In Russ.)
22. Kondratyeva O. V., Leushkina V. V., Kuznetsova N. A., Zinich L. V. Valuation of human capital as a tool for sustainable enterprise development. *Topical Issues of the Modern Economy*. 2021; 9: 225–229. (In Russ.)

Author's information:

Tatyana E. Tatarovskaya, candidate of economic sciences, associate professor of the department of accounting, analysis and economic security, Samara State University of Economics, Samara, Russia;
ORCID 0000-0001-5206-8590, AuthorID 644535. E-mail: tatarovskaya.tatyana@gmail.com

Анализ устойчивости сельскохозяйственной отрасли в пандемический и энергетический кризисы в контексте теории финансового заражения (страновой аспект)

А. М. Терехов^{1, 2✉}, А. О. Овчаров¹

¹ Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

² Российский государственный университет правосудия, Москва, Россия

✉ E-mail: terehoff.t@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования состоит в анализе устойчивости сельскохозяйственных отраслей различных стран в периоды протекания двух глобальных кризисов, которые последовательно развивались в последние несколько лет и нанесли значительный экономический ущерб: пандемический кризис и глобальный энергетический кризис. Передача нестабильности анализировалась в контексте концепции финансового заражения, где в качестве дестабилизатора сельскохозяйственных рынков рассматривалась волатильность глобальных фондовых индексов нефти и газа, а в качестве получателей финансового заражения – сельскохозяйственные отрасли различных стран. **Методы.** В ходе исследования были использованы следующие методы: анализ научной литературы, графический анализ волатильности, эконометрическое моделирование посредством построения DCC-GARCH моделей, сравнение. **Научная новизна.** Впервые проведен анализ взаимодействия между глобальными энергетическими индексами нефти/газа и отраслевыми сельскохозяйственными индексами (инвестиционными фондами) различных стран, что позволило получить новые оценки воздействия рассматриваемых шоков на сельскохозяйственные отрасли этих стран. **Результаты.** Установлено, что в период пандемического кризиса основным распространителем финансового заражения выступил рынок нефти, в период энергетического кризиса – рынок природного газа. Эти два кризиса негативно отразились главным образом на отраслях сельского хозяйства стран Европы, США и Китая. Наибольший ущерб был причинен сельскохозяйственному рынку США, который оказался самым уязвимым из рассматриваемой выборки стран. Относительную устойчивость к заражению показали страны азиатского региона (кроме Китая), а абсолютную устойчивость – Япония. К причинам невосприимчивости отраслей отдельных стран к заражению нами отнесены широкие возможности диверсификации импорта нефти и газа, наличие надежных поставщиков и долгосрочных контрактов на поставку энерго-ресурсов, относительно невысокая доля сельскохозяйственной отрасли в структуре ВВП. Сделан вывод о том, что устойчивость к заражению развивающихся экономик связана с высокой долей иностранных инвестиций в эти страны.

Ключевые слова: финансовое заражение, энергетический кризис, пандемический кризис, сельское хозяйство, отраслевые индексы, инвестиционные фонды, передача волатильности, каналы заражения

Для цитирования: Терехов А. М., Овчаров А. О. Анализ устойчивости сельскохозяйственной отрасли в пандемический и энергетический кризисы в контексте теории финансового заражения (страновой аспект) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 08. С. 1301–1314. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1301-1314>.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-00124, <https://rscf.ru/project/24-28-00124>

Дата поступления статьи: 14.01.2025, **дата рецензирования:** 18.03.2025, **дата принятия:** 14.04.2025.

Analysis of the sustainability of the agricultural sector in the pandemic and energy crises in the context of the theory of financial contagion (country aspect)

A. M. Terekhov^{1, 2✉}, A. O. Ovcharov¹

¹Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

²Russian State University of Justice, Moscow, Russia

✉E-mail: terehoff.t@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze the sustainability of agricultural industries in various countries during the periods of two global crises that have consistently developed over the past few years and caused significant economic damage: the pandemic crisis and the global energy crisis. The transmission of instability was analyzed in the context of the concept of financial contagion, where the volatility of global oil and gas stock indices was considered as a destabilizer of agricultural markets, and agricultural industries of various countries were considered as recipients of financial contagion. **Methods.** Analysis of scientific literature, graphical analysis of volatility, econometric modeling through the construction of DCC-GARCH models, comparison were used. **Scientific novelty.** For the first time, an analysis of the interaction between global oil/gas energy indices and sectoral agricultural indices (investment funds) of various countries has been carried out, which allowed us to obtain new estimates of the impact of the shocks under consideration on the agricultural sectors of these countries. **Results.** It has been established that during the pandemic crisis, the oil market was the main distributor of financial contagion, and during the energy crisis, the natural gas market. These two crises had a negative impact mainly on the agricultural sectors of Europe, the USA and China. The biggest damage was caused to the US agricultural market, which turned out to be the most vulnerable of the sample of countries under consideration. The countries of the Asian region (except China) showed relative resistance to contagion, while Japan showed absolute stability. The reasons for the immunity of individual countries' industries to contagion include the following: wide opportunities for diversifying oil and gas imports, the availability of reliable suppliers and long-term contracts for the supply of energy resources, and a relatively low share of the agricultural sector in the GDP structure. It is concluded that the resilience to contagion in developing economies is associated with a high proportion of foreign investment in these countries.

Keywords: financial contagion, energy crisis, pandemic crisis, agriculture, industry indices, investment funds, volatility transmission, contagion channels

Acknowledgements. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 24-28-00124, <https://rscf.ru/en/project/24-28-00124>

For citation: Terekhov A. M., Ovcharov A. O. Analysis of the sustainability of the agricultural sector in the pandemic and energy crises in the context of the theory of financial contagion (country aspect). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (08): 1301–1314. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-08-1301-1314>. (In Russ.)

Date of paper submission: 14.01.2025, **date of review:** 18.03.2025, **date of acceptance:** 14.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

В условиях возросшей в настоящее время частоты возникновения различных кризисных проявлений как в глобальном, так и в региональном масштабе наблюдается существенное влияние их негативных последствий на устойчивость практически всех отраслей экономики. После того как один сектор сталкивается с потрясениями, вызванными рискованными событиями, другие отрасли страдают из-за тесных экономических связей [1]. Например, серьезный удар, нанесенный пандемическим кризисом по транспортной отрасли, привел к резкому

падению цен на энергоресурсы. Сопутствующие межотраслевые финансовые потоки начали переплетаться с реальными потоками капитала, сформировался механизм распространения нестабильности между различными секторами экономики, отраслями и странами. Из-за их взаимосвязанности отраслевые потрясения стали распространяться по различным каналам в глобальном масштабе, что привело к межотраслевым системным рискам [2].

Обращаясь к имеющейся научной литературе, кратко обозначим ключевые моменты, отраженные в исследованиях некоторых авторов, подтвержда-

ющих актуальность данной проблематики. Так, в [3] предпринята попытка объяснить усилившуюся связь между энергетическим рынком и сельским хозяйством. Авторами отмечается, что в рамках сельскохозяйственного производства энергоносители оказывают существенное влияние на затраты, связанные с производством и реализацией сельскохозяйственной продукции. Тренд, обусловленный переориентацией сельскохозяйственного производства на биотопливо, способствует еще большему сближению энергетики и сельского хозяйства, что приводит к взаимосвязанности этих рынков и способствует передаче заражения по фондовому каналу. В [4] показано, как во время серьезных кризисов распространяются эффекты заражения между секторами экономики, включая и сельское хозяйство. Авторами сделан вывод о том, что системные риски, связанные с энергетикой и сельским хозяйством, являются асимметричными и устойчивыми.

Отметим также исследования, связанные с подходами к количественному оцениванию финансового заражения. В научной литературе имеется достаточное число исследований, посвященных фиксации финансового заражения с помощью корреляционного анализа и специальных эконометрических тестов (классический тест Форбс – Ригобона, тесты на кокуртозис, коасимметрию, коволатильность) [5–8], которые зачастую показывают различные результаты. Поэтому для получения более достоверных оценок актуальным является построение современных эконометрических моделей (VAR, ARCH, GARCH и их возможных вариаций), характеризующих динамику фондового рынка и объясняющих влияние нестабильности на него. Так, в [9] с помощью модели DCC-MGARCH проанализировано влияние цен и волатильности на рынки энергоресурсов и сельскохозяйственных товаров. В [10] на основе модели копулы CoVaR изучены переливы систематического риска, переходящего из одной отрасли в другую, между ископаемыми источниками энергии и сельским хозяйством. Эти две работы, безусловно, представляют научный интерес, но они не дают полной картины распространения финансового заражения применительно к страновому и межотраслевому срезу одновременно.

В целом следует отметить, что термин «финансовое заражение» характеризует передачу финансовых потрясений (шоков) с одного рынка на другие (с одной отрасли к другой), что отражается на экономическом состоянии финансовой системы. Данное явление было тщательно изучено различными авторами с точки зрения значительного изменения взаимосвязанности рынков в периоды экстремальных событий. Первые исследования финансового заражения были предложены Форбс и Ригобоном [11] и Данджи и др. [12], где заражение определя-

лось как значительное увеличение межрыночных корреляционных связей в периоды кризиса.

В ключе настоящего исследования важно отметить то, что финансиализация сырьевых товаров является одним из главных факторов, сближающих энергетику и сельское хозяйство. При этом среди всего многообразия отраслей эти отрасли являются двумя наиболее важными составляющими глобального экономического роста. Эффекты заражения, вызванные, например, нестабильностью на рынках энергоресурсов, распространяются и на другие отрасли, в том числе на финансовые рынки агропродовольственной продукции. С учетом этого цель нашего исследования состоит в получении оценок устойчивости сельскохозяйственной отрасли посредством фиксации процесса передачи нестабильности (финансового заражения) на отраслевые сельскохозяйственные рынки отдельных стран со стороны энергетических рынков. Для реализации поставленной цели был задействован инструментарий построения моделей DCC-GARCH с последующим сравнением полученных расчетным путем усредненных значений динамических условных корреляций применительно к временным отрезкам, характеризующимся низкой и высокой волатильностью энергетического сектора.

Проведенное нами исследование вносит определенный вклад в имеющуюся литературу по отдельным значимым направлениям. Во-первых, нами рассмотрены вопросы передачи финансового заражения от энергетических фондовых рынков (нефти и газа) в страновом и межотраслевом разрезе. Такой подход предоставляет ценную информацию о сложной динамике финансового заражения между анализируемыми рынками. Во-вторых, это исследование дополняет относительно ограниченный круг исследований, в которых систематически сравниваются последствия двух важных событий: пандемического и глобального энергетического кризиса 2022–2023 годов. Анализируя взаимодействие глобальных энергетических индексов нефти/газа и отраслевых сельскохозяйственных индексов (инвестиционных фондов) различных стран, исследование дает новые оценки воздействия рассматриваемых шоков на сельскохозяйственные отрасли этих стран, а также способствует более глубокому пониманию взаимосвязанности сельскохозяйственных рынков и рынков энергоресурсов.

Обобщая вышеизложенное, отметим, что исследования, посвященные изучению особенностей и причин финансового заражения, играют важную роль в предоставлении полезной информации инвесторам и финансовым регуляторам, особенно в условиях сложного взаимодействия фондовых индексов и взаимосвязанной динамики мировых энергетических и сельскохозяйственных рынков. По-

нимание того, как финансовое заражение распространяется по отраслям, поможет минимизировать негативные последствия последующих кризисов, обеспечить стабильный экономический рост.

Методология и методы исследования (Methods)

Как уже отмечалось ранее, целью исследования является получение оценок устойчивости сельскохозяйственной отрасли через фиксацию процессов передачи финансового заражения от рынков энергоресурсов к сельскохозяйственным рынкам отдельных стран. Поскольку финансовое заражение, как правило, возникает в периоды действия на экономику различных шоков, для получения подобных оценок нами были отобраны два глобальных кризиса, имеющих различную природу происхождения: пандемический кризис 2020–2021 годов (COVID-19) и глобальный энергетический кризис 2022–2023 годов (GEC). В роли передатчика (трансммитера) финансового заражения рассматривался глобальный рынок нефти и газа. Поэтому в качестве эмпирической базы были задействованы глобальные сырьевые индексы Dow Jones, а именно DJ Commodity Crude Oil (DJCICL)¹ – сырьевая сырая нефть; DJ Commodity Natural Gas (DJCING)² – товарный природный газ.

Следует отметить, что, в отличие от предыдущих наших работ [13; 14], в данной статье в роли источников заражения не рассматривались товарные фьючерсы нефти и газа, поскольку в задачи исследования входило рассмотрение процесса заражения в глобальном аспекте. Это объясняется еще и тем, что рынок энергоресурсов характеризуется региональными особенностями ценообразования (главным образом это относится к рынку природного газа), а использование товарных фьючерсов (например, на европейскую нефть Brent, американскую нефть WTI, природный газ США NG) могло бы исказить результаты исследования для отдельных стран, расположенных в различных регионах мира.

На основе анализа волатильности DJCICL и DJCING важно было выделить спокойные (докризисные) периоды и периоды усиления волатильности (кризис). В нашем случае гипотеза о наличии заражения строилась на обнаружении усиления корреляционных связей в связке трансмиттер – ресивер в кризисные периоды по сравнению с докризисными. Для ее подтверждения (опровержения) использовался инструментарий эконометрического моделирования, а именно построение одномерных моделей DCC-GARCH. Для реализации моделей собирались и обобщались высокочастотные статистические данные отраслевых индексов, инвестиционных фондов в разрезе отдельных стран. Под-

робная информация об этих данных представлена в таблице 1.

Здесь следует отметить, что нами рассматривались отраслевые сельскохозяйственные индексы и аграрные инвестиционные фонды группы стран, которые торгуются на фондовых рынках. Всего было выделено 10 таких индексов и фондов, характеризующих рынки сельского хозяйства следующих стран: Япония, США, Китай, Кот-д'Ивуар, Таиланд, Бразилия, Люксембург, Британия, Испания, Бельгия, Люксембург. Таким образом, предполагалось произвести оценку финансового заражения для стран, располагающихся на различных континентах. Информационная база – материалы платформы Investing.com (данные фондовой торговли в ежесуточном выражении). Всего для анализа задействовано более 12 000 наблюдений.

В обобщенном виде дизайн эмпирического исследования можно представить поэтапно в кратком обобщенном виде. На первом этапе нами была произведена выборка данных фондовой торговли. Далее на основе графического анализа волатильности были обозначены стабильные и кризисные периоды. На следующем этапе в табличном редакторе MS Excel строилась матрица исходных данных (возможных передатчиков и получателей заражения) с их приведением к единым датам. Для использования инструментария моделирования исходные данные были пересчитаны в ряды дневных логарифмических доходностей, протестированы на стационарность (с помощью ADF-теста) и на возможность использования выбранной формы эконометрической модели (тест на ARCH-эффекты). С использованием программного продукта EViews 8 строились одномерные модели DCC-GARCH отдельно для каждой связки трансмиттер – ресивер, была произведена их качественная оценка, в том числе на условие сходимости. В случае соответствия результатов моделирования качественным характеристикам полученные условные динамические корреляции (DCC) были использованы для оценки корреляционных связей в связках трансмиттер – ресивер отдельно для докризисных и кризисных периодов. Далее был произведен расчет средних значений DCC, и в случае превышения средних DCC в кризис по сравнению со стабильным периодом нами выдвигалось предположение о наличии финансового заражения. Для его подтверждения полученные ранее ряды динамических условных корреляций тестировались с помощью двухвыборочного t-теста Стьюдента с различными дисперсиями. Гипотеза о наличии заражения не опровергалась при подтверждении статистической значимости полученных результатов на уровне $p\text{-value} = 0,05$. Более детализированное представление технологии построения и оценки DCC-GARCH имеет громоздкий вид, ознакомиться с ней детально можно, например, в [15].

¹ <https://ru.investing.com/indices/dj-commodity-crude-oil-historical-data>.

² <https://ru.investing.com/indices/dj-commodity-natural-gas>.

Таблица 1

Характеристика финансовых инструментов, используемых в расчетах

Вид финансового инструмента	Название	Страна
Индексы	TOPIX Fishery Agriculture & Forestry	Япония
	S&P GSCI Agricultural & LiveStock Index Spot	США
	SZSE Agriculture	Китай
	BRVM Agriculture	Кот-д'Ивуар
Фонды	Ktam Sustainable Agriculture And Food Fund	Таиланд
	Agrisus Fundo De Investimento Em Ações – Investimento No Exterior	Бразилия
	Blackrock Global Funds – Nutrition Fund A2 Usd	Люксембург
	Sarasin Food & Agriculture Opportunities Fund (class A Acc)	Британия
	Panda Agriculture & Water Fund Fi	Испания
	Dpam B – Equities Sustainable Food Trends F Cap	Бельгия

Economy

Table 1

Characteristics of financial instruments used in calculations

Type of financial instrument	Title	Country
Indexes	TOPIX Fishery Agriculture & Forestry	Japan
	S&P GSCI Agricultural & LiveStock Index Spot	USA
	SZSE Agriculture	China
	BRVM Agriculture	Ivory Coast
Funds	Ktam Sustainable Agriculture And Food Fund	Thailand
	Agrisus Fundo De Investimento Em Ações – Investimento No Exterior	Brazi
	Blackrock Global Funds – Nutrition Fund A2 Usd	Luxembourg
	Sarasin Food & Agriculture Opportunities Fund (class A Acc)	Great Britain
	Panda Agriculture & Water Fund Fi	Spain
	Dpam B – Equities Sustainable Food Trends F Cap	Belgium

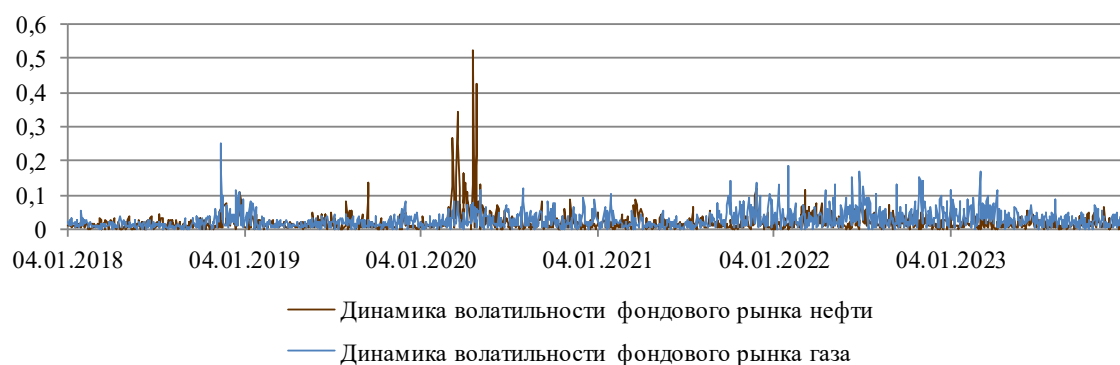


Рис. 1. Динамика волатильности глобальных фондовых индексов DJICL и DJCING

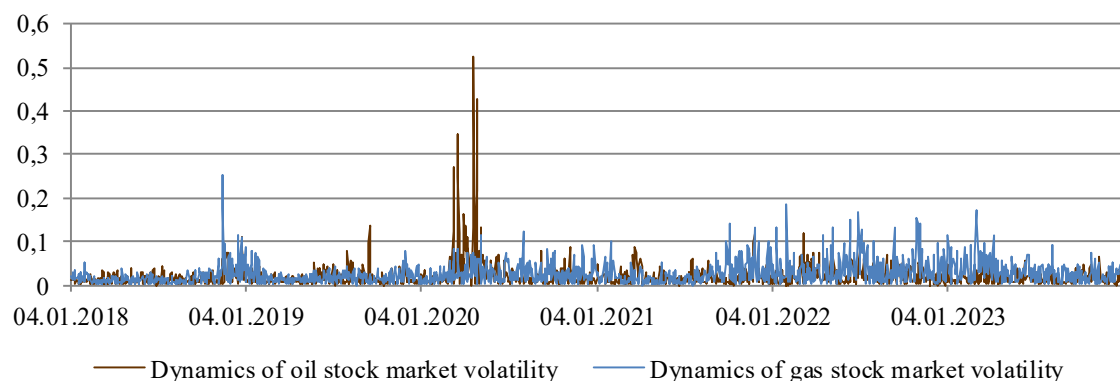


Fig. 1. Volatility dynamics of the DJICL and DJCING global stock indexes

Результаты (Results)

Графический анализ волатильности позволил зафиксировать временные отрезки, характеризующие периоды нестабильности и периоды относительного спокойствия фондовых рынков. Рост нестабильности в нашем случае обуславливался всплесками волатильности глобальных энергетических индексов. Данный процесс можно наглядно отследить на рис. 1.

На рис. 1 отчетливо прослеживается усиление волатильности как в период пандемического кризиса, так и в GEC в отношении обоих энергетических рынков (газа и нефти). При этом в пандемический кризис наиболее высокие значения волатильности имела нефть (в отдельные даты наблюдений – до 0,5000 и более). Резкий ее прирост наблюдался в марте – апреле 2020 года – в острую фазу развития пандемического кризиса. Обусловлено это было введением на уровне национальных правительств ограничений, которые привели к замедлению экономической деятельности по всему миру и резкому сокращению спроса на данный энергоресурс. Средние значения волатильности в фиксируемый нами кризисный период составляли 0,0342, что превышает значения докризисного периода более чем в 2 раза. Усиление волатильности на газовом рынке было не столь значительным ввиду более стабильного спроса на природный газ, поскольку, кроме промышленных целей, высока доля его использования для бытовых нужд. Так, в период развития кри-

зиса наибольшие значения волатильности рынка газа фиксировались в пределах 0,1250, а средние – 0,0210. Значительное снижение волатильности на рынках газа и нефти наблюдалось в период с конца февраля 2021 года до конца августа 2021 года (период относительного спокойствия). Это обусловлено началом восстановления мировой экономики и стабилизацией спроса на энергоресурсы.

В дальнейшем нами фиксируется повторное резкое усиление волатильности сначала на газовом фондовом рынке (конец августа 2021 года), затем на рынке нефти (конец ноября 2021 года). Данный рост связан с началом энергетического кризиса, обусловленного дефицитом природного газа. Наиболее острую форму кризис приобрел в феврале 2022 года, что связано с началом военных действий на Украине.

Детализированная характеристика исследуемых временных периодов представлена в таблице 2.

На основании тестирования упорядоченных рядов логарифмических доходностей мы пришли к выводу об их пригодности для получения оценок по моделям DCC-GARCH и дальнейшей фиксации финансового заражения. Таким образом, были рассчитаны средние значения динамических условных корреляций, произведено сравнение этих значений для стабильного и кризисного периодов применительно к пандемическому и энергетическому шокам. Результаты анализа приведены в таблице 3.

Таблица 2
Характеристика анализируемых периодов

Трансмиттер	Временные отрезки		Средние значения волатильности по временным отрезкам	
	Спокойный период	Период высокой волатильности	Спокойный период	Период высокой волатильности
COVID-19				
Рынок нефти	20.09.2019–28.02.2020	02.03.2020–06.04.2021	0,0159	0,0342
Рынок газа	14.02.2019–08.11.2019	11.11.2019–08.02.2021	0,0136	0,0210
GEC				
Рынок нефти	07.04.2021–24.11.2021	26.11.2021–03.08.2023	0,0155	0,0275
Рынок газа	19.02.2021–25.08.2021	26.08.2021–07.09.2023	0,0138	0,0391

Table 2
Characteristics of the analyzed periods

Transmitter	Time intervals		Average volatility values over time periods	
	Calm period	Period of high volatility	Calm period	Period of high volatility
COVID-19				
Oil market	20.09.2019–28.02.2020	02.03.2020–06.04.2021	0.0159	0.0342
Gas market	14.02.2019–08.11.2019	11.11.2019–08.02.2021	0.0136	0.0210
GEC				
Oil market	07.04.2021–24.11.2021	26.11.2021–03.08.2023	0.0155	0.0275
Gas market	19.02.2021–25.08.2021	26.08.2021–07.09.2023	0.0138	0.0391

Результаты анализа на наличие финансового заражения агропродовольственных индексов
от нефтегазового рынка в период пандемического кризиса (в страновом разрезе)

Страна	Среднее значение DCC в стабильном периоде	Среднее значение DCC в кризисном периоде	<i>t</i> -test (<i>p</i> -value)	Заражение (да: +; нет: –)
COVID-19: источник заражения – нефть				
Япония	0,157	0,107	0,012	–
США	–0,022	0,293	0,000	+
Китай	0,000	0,099	0,000	+
Кот-д’Ивуар	0,064	0,114	0,000	+
Таиланд	0,199	0,221	0,076	–
Бразилия	0,364	0,304	0,000	–
Люксембург	0,199	0,176	0,036	–
Британия	0,081	0,164	0,000	+
Испания	0,226	0,379	0,000	+
Бельгия	0,365	0,388	0,041	+
ГЕС: источник заражения – нефть				
Япония	0,100	0,010	0,000	–
США	0,176	0,412	0,000	+
Китай	0,038	0,087	0,000	+
Кот-д’Ивуар	0,102	0,049	0,000	–
Таиланд	0,341	0,175	0,000	–
Бразилия	0,063	0,231	0,000	+
Люксембург	0,459	0,214	0,000	–
Британия	0,152	0,072	0,000	–
Испания	0,369	0,229	0,000	–
Бельгия	0,405	0,276	0,000	–
COVID-19: источник заражения – газ				
Япония	0,093	0,045	0,008	–
США	0,052	0,139	0,000	+
Китай	0,078	0,112	0,001	+
Кот-д’Ивуар	–0,022	–0,088	0,000	+
Таиланд	0,114	–0,004	0,000	–
Бразилия	0,146	0,059	0,000	–
Люксембург	0,091	–0,023	0,000	–
Британия	–0,034	0,027	0,001	–
Испания	0,173	0,138	0,000	–
Бельгия	0,100	0,132	0,000	+
ГЕС: источник заражения – газ				
Япония	0,042	0,054	0,130	–
США	0,021	0,161	0,000	+
Китай	0,250	0,060	0,000	–
Кот-д’Ивуар	0,118	0,113	0,276	–
Таиланд	0,072	0,092	0,002	+
Бразилия	0,109	0,010	0,000	–
Люксембург	–0,001	0,099	0,000	+
Британия	–0,006	0,007	0,188	–
Испания	0,034	0,071	0,000	+
Бельгия	0,039	0,131	0,000	+

Table 3

Results of the analysis on the presence of financial contamination of agri-food indices from the oil and gas market during the pandemic crisis (in the country context)

Country	Average DCC value in stable period	Average DCC value during the crisis period	t-test (p-value)	Contagion (yes: +; no: -)
COVID-19: the source of financial contagion is oil				
Japan	0.157	0.107	0.012	–
USA	–0.022	0.293	0.000	+
China	0.000	0.099	0.000	+
Ivory Coast	0.064	0.114	0.000	+
Thailand	0.199	0.221	0.076	–
Brazil	0.364	0.304	0.000	–
Luxembourg	0.199	0.176	0.036	–
Great Britain	0.081	0.164	0.000	+
Spain	0.226	0.379	0.000	+
Belgium	0.365	0.388	0.041	+
COVID-19: the source of financial contagion is oil				
Japan	0.100	0.010	0.000	–
USA	0.176	0.412	0.000	+
China	0.038	0.087	0.000	+
Ivory Coast	0.102	0.049	0.000	–
Thailand	0.341	0.175	0.000	–
Brazil	0.063	0.231	0.000	+
Luxembourg	0.459	0.214	0.000	–
Great Britain	0.152	0.072	0.000	–
Spain	0.369	0.229	0.000	–
Belgium	0.405	0.276	0.000	–
COVID-19: the source of financial contagion is gas				
Japan	0.093	0.045	0.008	–
USA	0.052	0.139	0.000	+
China	0.078	0.112	0.001	+
Ivory Coast	–0.022	–0.088	0.000	+
Thailand	0.114	–0.004	0.000	–
Brazil	0.146	0.059	0.000	–
Luxembourg	0.091	–0.023	0.000	–
Great Britain	–0.034	0.027	0.001	–
Spain	0.173	0.138	0.000	–
Belgium	0.100	0.132	0.000	+
COVID-19: the source of financial contagion is gas				
Japan	0.042	0.054	0.130	–
USA	0.021	0.161	0.000	+
China	0.250	0.060	0.000	–
Ivory Coast	0.118	0.113	0.276	–
Thailand	0.072	0.092	0.002	+
Brazil	0.109	0.010	0.000	–
Luxembourg	–0.001	0.099	0.000	+
Great Britain	–0.006	0.007	0.188	–
Spain	0.034	0.071	0.000	+
Belgium	0.039	0.131	0.000	+

Полученные результаты показывают подверженность сельскохозяйственных рынков отдельных стран финансовому заражению со стороны как природного газа, так и нефти. Так, в период пандемического кризиса наиболее сильным транзиттером заражения оказался рынок нефти: заражению подверглись 6 из 10 рассматриваемых нами стран: Британия, Испания, Бельгия, США, Китай, Кот-д'Ивуар. Устойчивой к шоку оказалась сельскохозяйственная отрасль Японии, Таиланда, Люксембурга и Бразилии. Со стороны рынка газа подверженными заражению оказались четыре страны: США, Китай, Кот-д'Ивуар и Бельгия. Здесь следует отметить, что сельское хозяйство является достаточно энергоемкой отраслью. В качестве основных энергоносителей используются электрическая энергия, тепловая энергия, твердое и жидкое топливо, дизельное топливо, автомобильный бензин и природный газ. Этим и обусловлена передача нестабильности от рынков энергоносителей. При этом важно учесть высокую топливимость растениеводческой подотрасли. Хотя природный газ в настоящее время постепенно вытесняет моторное топливо, автомобильный бензин и дизельное топливо все же остаются основными источниками топлива для сельскохозяйственной техники. Зачастую это обусловлено отсутствием соответствующей газозаправочной инфраструктуры в сельской местности. В целом же высокая «заразность», идущая от рынка нефти в период пандемического шока, обусловлена особенностями течения коронакризиса. Данный кризис парализовал транспортную сферу, которая формирует спрос на продукты нефтепереработки. Высокая потребность АПК в сельскохозяйственной технике, а также значительное снижение цен на нефть, резкое усиление их волатильности негативно отразились на динамике доходности активов сельскохозяйственной отрасли.

Особо выделим страны, показавшие абсолютную устойчивость отрасли в пандемию со стороны глобальных индексов газа и нефти (Таиланд и Люксембург). Так, например, Таиланд хотя и является индустриально-аграрной страной, имеет долю сельского хозяйства в структуре ВВП, равную 8,6 % (по состоянию на 2023 год). В структуре ВВП Бразилии доля сельского хозяйства составляет 6,2 %, Японии – 1,0 %, Люксембурга – 0,2 %.³ Подверженность сельскохозяйственной отрасли США заражению (при низкой ее доле в структуре ВВП страны – всего 0,9 %) обусловлена тем, что страна является мировым лидером по импорту энергоресурсов, соответственно, резкое сокращение объемов таких поставок способствовало дестабилизации нефтедобывающей отрасли, сокращению инвестиций в сельское хозяйство.

Оценивая передачу финансового заражения в период ГЕС, мы пришли к следующим результатам. Наиболее сильным транзиттером заражения выступил рынок природного газа, поскольку именно дефицит данного энергоресурса, прежде всего на европейском газовом рынке, привел к сокращению его поставок в общемировых масштабах (ввиду ужесточения санкционных ограничений в отношении России – основного поставщика газа на европейский рынок, закрытия Северных потоков). Сельскохозяйственная отрасль рассматриваемых нами европейских стран (Испании и Бельгии) выступила в качестве основных получателей финансового заражения. При этом подверженность заражению со стороны рынка газа показали сельскохозяйственные рынки некоторых азиатских и североамериканских стран, в частности США, Таиланда и Люксембурга. Резилентными к заражению оказались сельскохозяйственные рынки Китая, Кот-д'Ивуара, Бразилии и Британии.

Следует отметить, что устойчивость к заражению Китая со стороны рынка газа обусловлена отсутствием его дефицита, поскольку за анализируемый период были заключены долгосрочные контракты на поставку трубопроводного газа с различными поставщиками. В Китай газ поставлялся по трубопроводам «Сила Сибири» (поставщик – Россия), «Центральная Азия – Китай» (поставщик – Туркменистан), «Мьянма – Китай» (поставщик – Мьянма).

Устойчивость к финансовому заражению сельскохозяйственного рынка Британии обусловлена тем, что подавляющее большинство природного газа поступает за счет импорта сжиженного природного газа из Катар и США. Среди других надежных поставщиков – Нидерланды, Швеция и Бельгия. Около половины британского газа поступает из Северного моря, а треть – из Норвегии. Таким образом, поставки газа на момент развития кризиса были достаточно диверсифицированы, страна фактически не зависела от поставок российского сырья.

Отметим также, что отсутствие заражения нами чаще было зафиксировано в развивающихся экономиках, не полностью интегрированных в глобальные рынки капитала. Это может объяснять, почему сегментированные страны по-разному реагируют на потрясения. Так, например, нами обнаружена относительная стабильность фондовых рынков Бразилии (в период обоих кризисов) и Кот-д'Ивуара (в период ГЕС), которая может быть обусловлена высокой долей иностранного капитала в экономике страны (например, Бразилия, согласно отчету Всемирного банка за 2022 год, занимала четвертое место в мировом рейтинге прямых иностранных инвестиций). Указанные страны предоставляют международным инвесторам возможности для диверсификации своих активов, поскольку инвестиции в невосприимчивые отрасли невосприимчивых

³ World Development Indicators: Structure of value added. URL: <https://wdi.worldbank.org/table/4.2>.

стран помогают стабилизировать глобальные портфели перед возможными потрясениями [16].

В целом абсолютную подверженность заражению в периоды двух анализируемых кризисов показали сельскохозяйственные рынки США, абсолютную устойчивость – рынки Японии.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Передача финансового заражения на рынки сельского хозяйства зарубежных стран

В условиях восстановления мировой экономики после пандемического шока спрос на газ, как и некоторые другие виды энергоносителей, вырос. При этом основная часть природного газа приходилась на трубопроводную инфраструктуру, а сам рынок в значительной мере зависел от региональных поставщиков (в отличие от рынка нефти, который является более конкурентным). Быстрое замещение импорта в требуемых объемах в условиях ограничения поставок природного газа из России являлось невозможным, что привело к дефициту газового сырья, резкому росту цен на него и усилению волатильности фондового рынка [17]. Это послужило толчком к распространению финансового заражения на отраслевые рынки разных стран, что подтверждено нашими результатами и результатами других исследований.

Рассматривая финансовое заражение европейских стран, важно также акцентировать внимание на взаимосвязанность их экономик в рамках Единого европейского рынка. В целом мы зафиксировали высокую подверженность европейских экономик заражению, которая обусловлена глобализацией финансовых рынков, неэластичностью финансовых институтов. Так, например, одной из основных причин развития экономического кризиса, вызванного пандемией, послужила ситуация на рынке нефти, вызванная снижением спроса на данный энергоактив; если же рассматривать глобальный энергетический кризис, то это дефицит газового сырья. При этом, обращаясь к практическим результатам проведенного нами исследования, мы видим, что европейские экономики (в контексте сельскохозяйственного аспекта) в период пандемического кризиса в большей степени были подвержены заражению со стороны рынка нефти, а в период энергетического кризиса – со стороны рынка природного газа. Важно также отметить, что передача заражения может быть обусловлена наличием общего тренда в поведении европейских инвесторов, шаблонностью их взглядов и действий на фондовых рынках [18].

Результаты проведенных нами исследований согласуются с полученными результатами исследований некоторых других авторов. Так, например, в [19] авторы, рассматривая вопросы финансового заражения в межстрановом разрезе с использованием векторных авторегрессионных моделей, пришли к выводу, что пандемия COVID-19 продемонстриро-

вала более сильный эффект заражения со стороны рынка нефти. Энергетический кризис, вызванный военными действиями на территории Украины, способствовал заражению со стороны рынка природного газа. Некоторые авторы также ссылаются на то, что в целом экономика азиатских стран продемонстрировали более высокую устойчивость к заражению по сравнению со странами Европы в ходе обоих кризисов, которые продемонстрировали наиболее сильные последствия заражения [20; 21].

В целом отметим ограниченность исследований, направленных на фиксацию финансового заражения в периоды рассматриваемых кризисов применительно к рынкам сельскохозяйственной продукции и фактическое отсутствие таких исследований по отношению к сельскохозяйственным рынкам отдельных стран (страновой разрез). Все это еще раз указывает на актуальность полученных нами результатов.

Финансовая устойчивость российского сельского хозяйства

В рамках исследуемого вопроса целесообразно рассмотреть финансовую устойчивость сельскохозяйственной отрасли России в периоды влияния глобальных кризисов, в частности, провести анализ влияния рынка нефти и газа на отечественный сельскохозяйственный рынок.

Ранее проведенная нами оценка финансовой устойчивости, основанная на динамике акций сельхозпроизводителей и их волатильности, является одним из возможных вариантов анализа. В условиях отсутствия обобщенной информации о фондовой торговле сельскохозяйственными активами отдельной страны (как в случае с Россией) возможно применение широкого подхода, позволяющего оценить обширный спектр факторов, влияющих на финансовое состояние отрасли. Такой анализ должен учитывать сегментацию рынка и специфику отдельных предприятий.

В целом влияние цен на нефть и газ на российское сельское хозяйство является опосредованным. Непосредственное влияние проявляется в стоимости энергоресурсов, используемых в сельскохозяйственном производстве. Однако косвенное влияние более значимо и связано с колебаниями курса рубля, инфляцией, динамикой потребительского спроса и общим состоянием экономики. Поэтому для реализации широкого подхода важно проводить комплексный анализ, учитывающий все эти факторы. Не следует забывать и об отраслевой специфике российского сельского хозяйства, которая является неоднородной. В связи с этим отдельные отрасли (растениеводство, животноводство, переработка) обладают различной степенью чувствительности к колебаниям цен на энергоносители. В структуре предприятий именно крупные агрохолдинги, объединенные в вертикально интегрированные структуры, обладают большей финансовой устойчивостью,

чем мелкие фермерские хозяйства, более уязвимые к внешним шокам [22].

При оценке финансовой устойчивости возможно также рассмотрение таких показателей, как рентабельность производства, доля заемных средств в структуре капитала, ликвидность активов, уровень задолженности перед поставщиками и кредиторами. Эти показатели позволят получить более полное представление о финансовом здоровье сельскохозяйственных предприятий [23].

Нами были рассмотрены лишь некоторые показатели, характеризующие финансовую устойчивость отечественной сельскохозяйственной отрасли: в частности, это показатели инвестиционной устойчивости и устойчивости отрасли к экономическому спаду [24]. Также была дана краткая характеристика влияния пандемического и энергетического кризисов на сельское хозяйство РФ.

Показатель инвестиционной устойчивости в 2022 году составил 68 %, в 2023 году – 72 %. Показатель устойчивости отрасли к экономическому спаду составил 55 % в 2022 году и 60 % в 2023 году⁴. Эти данные, разумеется, являются условными и требуют уточнения в зависимости от выбранной методики расчета и источника информации. Однако они позволяют проиллюстрировать общую тенденцию. Пандемический кризис 2020–2021 годов и последующий глобальный энергетический кризис, начавшийся в 2022 году, оказали существенное, но неоднозначное влияние на финансовую устойчивость российского сельского хозяйства. С одной стороны, пандемия привела к нарушению логистических цепочек, росту цен на импортные семена, удобрения и технику, что негативно сказалось на рентабельности отрасли. При этом рост внутреннего спроса на продовольствие, обусловленный ограничением импорта и усилением панических настроений, частично компенсировал эти потери. Правительственные меры поддержки, включая субсидии и льготные кредиты, также сыграли свою роль в смягчении негативных последствий. Энергетический кризис 2022 года, вызванный военными действиями на Украине и восстановлением мировой экономики после пандемического шока, привел к резкому росту цен на энергоносители, что значительно увеличило затраты на производство сельскохозяйственной продукции. Повышение цен на топливо, удобрения (производство которых энергоемко) и транспортные услуги непосредственно отразилось на себестоимости продукции. Параллельно с ростом затрат наблюдался и рост цен на сельхозпродукцию на внутреннем и внешнем рынках, что в определенной степени компенсировало увеличение издержек. В 2023 году ситуация стабилизировалась,

хотя полного возврата к докризисному уровню не произошло. Рост показателей инвестиционной и экономической устойчивости свидетельствует о том, что отрасль адаптировалась к новым условиям. При этом наблюдавшийся рост неравномерен и зависит от множества факторов, таких как специализация сельскохозяйственного предприятия, географическое расположение, доступ к финансовым ресурсам и эффективность менеджмента. Крупные агрохолдинги, обладающие значительными ресурсами и диверсифицированными производствами, продемонстрировали большую устойчивость к кризисам, чем мелкие фермерские хозяйства. Последние столкнулись с серьезными трудностями, связанными с ростом цен на ресурсы и ограниченным доступом к кредитованию [25].

В целом же, рассматривая вопросы финансовой устойчивости отрасли, отметим, что наличие отечественного фондового индекса сельского хозяйства (инвестиционного фонда) могло бы дополнить сложившуюся картину финансовой устойчивости с практической точки зрения и, что важно в контексте тематики данной статьи, применительно к теории и практике финансового заражения. Для этих целей возможна разработка интегрированного показателя на основе данных фондовой торговли отдельных предприятий сельскохозяйственной отрасли с использованием методов статистического анализа (например, средних значений, метода главных компонент и т. п.). Такой показатель мог бы стать оригинальной характеристикой отраслевого фондового рынка сельского хозяйства России. В целом же разработка данного показателя, как и реализация широкого подхода для оценки финансовой устойчивости сельскохозяйственной отрасли России, в задачи статьи не входила, поскольку это требует отдельного исследования.

Таким образом, проведенное нами исследование было направлено на получение новых оценок устойчивости сельскохозяйственной отрасли на основе фиксации финансового заражения, распространяющегося от рынка энергоресурсов к сельскохозяйственным рынкам отдельных стран под воздействием пандемического и энергетического шоков. В соответствии с поставленной целью наши основные выводы можно обобщить следующим образом. Во-первых, нами установлены причины возникновения нестабильности на рынках энергоресурсов (транзиттеров передачи заражения на сельскохозяйственные рынки). Применительно к пандемическому кризису основной причиной являлось снижение экономической активности субъектов хозяйствования (вследствие введения санитарно-эпидемиологических мер ограничительного характера), что привело к резкому сокращению спроса на энергоносители, главным образом на нефть и продукцию нефтепереработки. Применительно к энергетическому кризису

⁴ OECD-FAO Agricultural Outlook 2023–2032: Trusted statistics supporting evidence-based policy. URL: <https://www.oecd.org/en/data/indicators.html?orderBy=mostRelevant&page=0>.

рост нестабильности был связан с восстановлением мировой экономики после снятия пандемических ограничений, увеличением спроса на энергоресурсы и снижением предложения на мировом рынке газа. Другими словами, в первом случае нефть являлась основным передатчиком заражения, во втором – природный газ. Во-вторых, нами выявлена реакция отдельных стран на анализируемые шоки на основе реализации одной из методологий финансового заражения (DCC-GARCH моделей). Установлено, что как от пандемического, так и от энергетического шоков в значительной степени пострадали страны Европы, Китай и США, причем в нашей выборке сельскохозяйственная отрасль США оказалась самой уязвимой. Относительно устойчивыми к заражению были страны азиатского региона (за исключением Китая), а абсолютно резилентной оказалась Япония. В качестве причин устойчивости к зараже-

нию нами выделены возможности отдельных стран к диверсификации импорта энергоресурсов, наличие надежных поставщиков и долгосрочных контрактов на поставки нефти и газа, относительно невысокая доля сельскохозяйственной отрасли в структуре ВВП. Также сделан вывод о том, что низкая заражаемость развивающихся экономик связана главным образом с высокой долей иностранных инвестиций в эти страны.

Результаты проведенного исследования вносят значительный вклад в изучение вопросов передачи финансового заражения в отраслевом и страновом разрезе. Они могут быть полезны участникам фондового рынка при принятии решений по управлению активами, финансовым регуляторам и органам государственного управления при реализации мер по обеспечению устойчивого функционирования различных отраслей и рынков.

Библиографический список

1. Alexakis C., Pappas V. Sectoral dynamics of financial contagion in Europe – the cases of the recent crises episodes // *Economic Modelling*. 2018. Vol. 73. Pp. 222–239. DOI: 10.1016/J.ECONMOD.2018.03.018.
2. Zhang W., Zhuang X., Wang J., Lu Y. Connectedness and systemic risk spillovers analysis of Chinese sectors based on tail risk network // *The North American Journal of Economics and Finance*. 2020. Vol. 54. Article number 101248. DOI: 10.1016/j.najef.2020.101248.
3. Wu J., Wang X., Walker S.G. Bayesian nonparametric inference for a multivariate copula function // *Methodology and Computing in Applied Probability*. 2014. Vol. 16, No. 3. Pp. 747–763. DOI: 10.1007/s11009-013-9348-5.
4. Zhu B., Lin R., Deng Y., Chen P., Chevallier J. Intersectoral systemic risk spillovers between energy and agriculture under the financial and COVID-19 crises // *Economic Modelling*. 2021. Vol. 105. Article number 105651. DOI: 10.1016/j.econmod.2021.105651.
5. Chan J. C., Fry-McKibbin R. A., Hsiao C. Y. L. A regime switching skew-normal model of contagion // *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*. 2018. Vol. 23, No. 1. Article number 20170001. DOI: 10.1515/snde-2017-0001.
6. Fry-McKibbin R., Greenwood-Nimmo M., Hsiao C. Y.-L., Qi L. Higher-order comoment contagion among G20 equity markets during the COVID-19 pandemic // *Finance Research Letters*. 2021. Vol. 45, No. 3. Article number 102150. DOI: 10.1016/j.frl.2021.102150.
7. Hsiao C. Y. L., Morley J. Debt and financial market contagion // *Empirical Economics*. 2022. Vol. 62, No. 4. Pp. 1599–1648. DOI: 10.1007/s00181-021-02077-5.
8. Fry-McKibbin R., Hsiao C. Y. L., Martin V. L. Measuring financial interdependence in asset markets with an application to eurozone equities // *Journal of Banking & Finance*. 2021. Vol. 122. Article number 105985. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2020.105985.
9. Chiou-Wei S. Z., Chen S. H., Zhu Z. Energy and agricultural commodity markets interaction: an analysis of crude oil, natural gas, corn, soybean, and ethanol prices // *The Energy Journal*. 2019. Vol. 40, No. 2. Pp. 265–296. DOI: 10.5547/01956574.40.2.schi.
10. Ji Q., Bouri E., Roubaud D., Shahzad S. J. H. Risk spillover between energy and agricultural commodity markets: a dependence-switching CoVaR-copula model // *Energy Economics*. 2018. Vol. 75. Pp. 14–27. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.08.015.
11. Forbes K. J., Rigobon R. No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements // *Journal of Finance*. 2002. Vol. 57, No. 5. Pp. 2223–2261. DOI: 10.1111/0022-1082.00494.
12. Dungey M., Fry R., Vance M., Gonzalez-Hermosillo B. Empirical modeling of contagion: a review of methodologies // *Quantitative Finance*. 2004. Vol. 5, No. 1. Pp. 9–24. DOI: 10.1080/14697680500142045.
13. Овчаров А. О., Терехов А. М. Финансовое заражение на рынке сельскохозяйственных товаров в период зернового кризиса 2022 года // *Экономика сельского хозяйства России*. 2023. № 4. С. 92–99. DOI: 10.32651/231-92.
14. Овчаров А. О., Терехов А. М., Николенко П. Г., Гаврильева Т. Ф. Передача финансового заражения от рынка энергоносителей к рынку продовольственных товаров в период пандемии // *АПК: экономика, управление*. 2022. № 12. С. 12–18. DOI: 10.33305/2212-12.

15. Асатуров К. Г., Теплова Т. В. Эффекты перетекания волатильности и заражения на фондовых рынках: определение глобальных и локальных лидеров (часть 1) // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2014. № 5. С. 3–26.
16. Harb H., Umutlu M. Shock resistors or transmitters? Contagion across industries and countries during the COVID-19 pandemic and the global financial crisis // *Economics Letters*. 2024. Vol. 244. Article number 112026. DOI: 10.1016/j.econlet.2024.112026.
17. Mensi W., Ur Rehman M., Vinh Vo X. Dynamic frequency relationships and volatility spillovers in natural gas, crude oil, gas oil, gasoline, and heating oil markets: Implications for portfolio management // *Resources Policy*. 2021. Vol. 73. Article number 102172. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102172.
18. Чиркова Е. В., Тихонов А. А. Диагностирование пузыря на рынке акций российских телекоммуникационных компаний в конце 1990-х гг. // *Корпоративные финансы*. 2014. № 2 (30). С. 33–52.
19. Xue J. Y., Hsiao C. Y., Li P., Chui C. M. Higher-order contagion effects in Russian fuel export markets: Evidence from COVID-19 pandemic and Russia-Ukraine war // *Energy Strategy Reviews*. 2024. Vol. 53. Article number 101419. DOI: 10.1016/j.esr.2024.101419.
20. Zakeri B., Paulavets K., Barreto-Gomez L., et al. Pandemic, war, and global energy transitions // *Energies*. 2022. Vol. 15. Article number 6114. DOI: 10.3390/en15176114.
21. Kamal M. R., Ahmed S., Hasan M. M. The impact of the Russia-Ukraine crisis on the stock market: Evidence from Australia // *Pacific-Basin Finance Journal*. 2023. Vol. 79. Article number 102036. DOI: 10.1016/j.pacfin.2023.102036.
22. Sklyarov I., Sklyarova Y., Mambetova F., Sulumov S., Mustaev M. Current Financial Stability of Agricultural Producers in Southern Russia // *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems*. 2021. Vol. 2. Pp. 425–431. DOI: 10.1007/978-3-030-72110-7_45.
23. Криулина Е. Н., Оганян Л. Р., Катков К. А. Индексный подход к сравнительной оценке устойчивости сельского хозяйства субъекта федерального округа // *Аграрный вестник Урала*. 2023. Т. 23, № 09. С. 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-119-129.
24. Евсеева М. В. Измерение показателей инвестиционной устойчивости отраслей промышленности [Электронный ресурс] // *Управление экономическими системами: электронный научный журнал*. 2016. № 10 (92). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-pokazateley-investitsionnoy-ustoychivosti-otrasley-promyshlennosti> (дата обращения: 10.01.2025).
25. Терехов А. М., Овчаров А. О. Трансмиссия финансового заражения в странах Балтийского региона в период энергетического кризиса 2021–2022 годов // *Балтийский регион*. 2025. Т. 17, № 1. С. 141–161. DOI: 10.5922/2079-8555-2025-1-8.

Об авторах:

Андрей Михайлович Терехов, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия; доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Российский государственный университет правосудия, Москва, Россия; ORCID 0000-0002-2356-4533, AuthorID 773654. E-mail: terehoff.t@yandex.ru

Антон Олегович Овчаров, доктор экономических наук, главный научный сотрудник, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия; ORCID 0000-0003-4921-7780, AuthorID 398901. E-mail: anton19742006@yandex.ru

References

1. Alexakis C., Pappas V. Sectoral dynamics of financial contagion in Europe – the cases of the recent crises episodes. *Economic Modelling*. 2018; 73: 222–239. DOI: 10.1016/J.ECONMOD.2018.03.018.
2. Zhang W., Zhuang X., Wang J., Lu Y. Connectedness and systemic risk spillovers analysis of Chinese sectors based on tail risk network. *The North American Journal of Economics and Finance*. 2020; 54: 101248. DOI: 10.1016/j.najef.2020.101248.
3. Wu J., Wang X., Walker S.G. Bayesian nonparametric inference for a multivariate copula function. *Methodology and Computing in Applied Probability*. 2014; 16 (3): 747–763. DOI: 10.1007/s11009-013-9348-5.
4. Zhu B., Lin R., Deng Y., Chen P., Chevallier J. Intersectoral systemic risk spillovers between energy and agriculture under the financial and COVID-19 crises. *Economic Modelling*. 2021; 105: 105651. DOI: 10.1016/j.econmod.2021.105651.
5. Chan J. C., Fry-McKibbin R. A., Hsiao C. Y. L. A regime switching skew-normal model of contagion. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*. 2018; 23 (1): 20170001. DOI: 10.1515/snde-2017-0001.
6. Fry-McKibbin R., Greenwood-Nimmo M., Hsiao C. Y.-L., Qi L. Higher-order comoment contagion among G20 equity markets during the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*. 2021; 45 (3): 102150. DOI: 10.1016/j.frl.2021.102150.

7. Hsiao C. Y. L., Morley J. Debt and financial market contagion. *Empirical Economics*. 2022; 62 (4): 1599–1648. DOI: 10.1007/s00181-021-02077-5.
8. Fry-McKibbin R., Hsiao C. Y. L., Martin V. L. Measuring financial interdependence in asset markets with an application to eurozone equities. *Journal of Banking & Finance*. 2021; 122: 105985. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2020.105985.
9. Chiou-Wei S. Z., Chen S. H., Zhu Z. Energy and agricultural commodity markets interaction: an analysis of crude oil, natural gas, corn, soybean, and ethanol prices. *The Energy Journal*. 2019; 40 (2): 265–296. DOI: 10.5547/01956574.40.2.schi.
10. Ji Q., Bouri E., Roubaud D., Shahzad S. J. H. Risk spillover between energy and agricultural commodity markets: a dependence-switching CoVaR-copula model. *Energy Economics*. 2018; 75: 14–27. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.08.015.
11. Forbes K. J., Rigobon R. No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. *Journal of Finance*. 2002; 57 (5): 2223–2261. DOI: 10.1111/0022-1082.00494.
12. Dungey M., Fry R., Vance M., Gonzalez-Hermosillo B. Empirical modeling of contagion: a review of methodologies. *Quantitative Finance*. 2004; 5 (1): 9–24. DOI: 10.1080/14697680500142045.
13. Ovcharov A. O., Terekhov A. M. Financial infection in the agricultural goods market during the grain crisis of 2022. *Economics of Agriculture of Russia*. 2023; 4: 92–99. DOI: 10.32651/231-92. (In Russ.)
14. Ovcharov A. O., Terekhov A. M., Nikolenko P. G., Gavril'yeva T. F. Transmission of financial contagion from the energy market to the food market during the pandemic. *AIC: Economics, Management*. 2022; 12: 12–18. DOI: 10.33305/2212-12. (In Russ.)
15. Asaturov K. G., Teplova T. V. Volatility spillover and contagion effects on stock markets: global and local leaders determination (part 1). *Moscow University Economics Bulletin*. 2014; 5: 3–26. (In Russ.)
16. Harb H., Umutlu M. Shock resistors or transmitters? Contagion across industries and countries during the COVID-19 pandemic and the global financial crisis. *Economics Letters*. 2024; 244: 112026. DOI: 10.1016/j.econlet.2024.112026.
17. Mensi W., Ur Rehman M., Vinh Vo X. Dynamic frequency relationships and volatility spillovers in natural gas, crude oil, gas oil, gasoline, and heating oil markets: Implications for portfolio management. *Resources Policy*. 2021; 73: 102172. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102172.
18. Chirkova E. V., Tikhonov A. A. Diagnosis of the bubble in the stock market of Russian telecommunications companies in the late 1990s. *Corporate Finance*. 2014; 2 (30): 33–52. (In Russ.)
19. Xue J. Y., Hsiao C. Y., Li P., Chui C. M. Higher-order contagion effects in Russian fuel export markets: Evidence from COVID-19 pandemic and Russia-Ukraine war. *Energy Strategy Reviews*. 2024; 53: 101419. DOI: 10.1016/j.esr.2024.101419.
20. Zakeri B., Paulavets K., Barreto-Gomez L., et al. Pandemic, war, and global energy transitions. *Energies*. 2022; 15: 6114. DOI: 10.3390/en15176114.
21. Kamal M. R., Ahmed S., Hasan M. M. The impact of the Russia-Ukraine crisis on the stock market: Evidence from Australia. *Pacific-Basin Finance Journal*. 2023; 79: 102036. DOI: 10.1016/j.pacfin.2023.102036.
22. Sklyarov I., Sklyarova Y., Mambetova F., Sulumov S., Mustaev M. Current Financial Stability of Agricultural Producers in Southern Russia. *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems*. 2021; 2: 425–431. DOI: 10.1007/978-3-030-72110-7_45.
23. Kriulina E. N., Ohanyan L. R., Katkov K. A. Index approach to comparative assessment of agricultural sustainability of the subject of the federal district. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (09): 119–129. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-09-119-129. (In Russ.)
24. Evseeva M. V. Measurement of indicators of investment stability of industries. *Management of Economic Systems: electronic scientific journal* [Internet] 2016 [cited 2025 Jan 10]; 10 (92): 14. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/izmerenie-pokazateley-investitsionnoy-ustoychivosti-otrasley-promyshlennosti>. (In Russ.)
25. Terekhov A. M., Ovcharov A. O. Transmission of financial contagion in the Baltic Sea region countries during the energy crisis of 2021–2022. *Baltic Region*. 2025; 17 (1): 141–161. DOI: 10.5922/2079-8555-2025-1-8. (In Russ.)

Authors' information:

Andrey M. Terekhov, candidate of economic sciences, senior researcher, N. I. Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russia; associate professor of the department of humanities and socio-economic disciplines, Russian State University of Justice, Moscow, Russia; ORCID 0000-0002-2356-4533, AuthorID 773654. E-mail: terehoff.t@yandex.ru

Anton O. Ovcharov, doctor of economic sciences, chief researcher, Lobachevsky Nizhny Novgorod State University, Nizhny Novgorod, Russia; ORCID 0000-0003-4921-7780, AuthorID 398901. E-mail: anton19742006@yandex.ru

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

В. С. Кухарь – кандидат экономических наук, шеф-редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

V. S. Kukhar – candidate of economic sciences, chief editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Издательский Дом «Ажур».

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54.

Дата выхода в свет: 29.08.2025 г. Усл. печ. л. 18,8. Авт. л. 15,58.

Тираж: 100 экз. Цена: в розницу свободная.



**ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ
(ВАК)**
При Министерстве образования и науки



**Food and Agriculture Organization
of the United Nations**



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

